

Changement climatique et nutrition infantile au Togo

Manamboba Mitélama BALAKA*
Koffi YOVO**

Résumé - S'il est admis que le changement climatique tend à affecter la sécurité alimentaire en général, l'ampleur de cet effet sur la nutrition infantile est peu connue. Cet article analyse les effets des chocs météorologiques sur la nutrition des jeunes enfants au Togo. Les indicateurs de mesure de la nutrition utilisés sont les scores z de « taille pour âge », de « poids pour taille » et de « poids pour âge ». A l'aide des données de l'enquête MICS 6 de 2017 et d'une estimation des moindres carrés pondérés, les résultats suggèrent une relation négative entre des chocs météorologiques et la nutrition des enfants de 0 à 24 mois. Il apparaît aussi que le taux brut de scolarisation au primaire dans la région de résidence, le niveau d'instruction de la mère ainsi que les conditions de vie du ménage sont les plus susceptibles d'atténuer les effets des chocs climatiques sur la nutrition des enfants.

Classification JEL

Q51, Q54, J13, I12, O55

Mots-clés

Malnutrition infantile
Changement climatique
Scores Z
Togo

* Université de Lomé, Togo ; blkmitman@yahoo.fr ; manamboba.balaka@gmail.com

** Université de Lomé, Togo ; koffiyovo@yahoo.fr

INTRODUCTION

Le changement climatique est susceptible d'exacerber l'insécurité alimentaire et la malnutrition dans les régions qui connaissent déjà une forte prévalence de la faim et de la sous-alimentation (Cooper et al., 2019a; Brown et al., 2020). Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, dans son cinquième rapport d'évaluation, affirme que le changement climatique, en raison de ses manifestations telles que les sécheresses, les inondations et la modification du régime des paramètres météorologiques, tend à augmenter le risque d'insécurité alimentaire (Stocker et al., 2014). Même si les perturbations météorologiques ont des effets variés en fonction des zones agro écologiques, il existe un large consensus sur le fait que les effets négatifs l'emportent sur les effets positifs en particulier dans les pays en développement déjà vulnérables à l'insécurité alimentaire et nutritionnelle et qui ne disposent pas de capacités d'adaptation au changement climatique (Haile et al., 2018). Le changement climatique affecte la sécurité alimentaire et nutritionnelle par de multiples voies en l'occurrence la disponibilité, l'accès aux aliments et leur bonne utilisation dans le temps (Wheeler et von Braun, 2013).

Le changement climatique exerce une pression sur la disponibilité et l'accessibilité alimentaire ainsi que sur l'instabilité des prix à travers ses effets sur la production agricole et les infrastructures de distribution des produits alimentaires (Brown et Kshirsagar, 2015; Brown et al., 2017; Cooper et al., 2019a). Il affecte aussi la bonne utilisation des aliments à travers ses effets sur la qualité et la diversité des aliments, les conditions d'hygiène et de salubrité des aliments ainsi que sur la santé humaine (Wheeler et von Braun, 2013). Le changement climatique constitue donc une menace pour la santé publique en particulier celle des enfants surtout dans les pays en développement (Ahdoot et Pacheco, 2015; Cooper et al., 2019). Il affecte la santé humaine par des mécanismes de vulnérabilité (López-Carr et al., 2016). Si la santé de tous est de plus en plus exposée aux effets induits par le changement climatique, en particulier dans les pays en développement, les enfants sont particulièrement vulnérables en raison de leur immaturité physiologique et cognitive et de leur capacité limitée à changer leur situation (Hanna et Oliva, 2016; López-Carr et al., 2016). Outre les risques directs liés à la sous-alimentation du fait du changement climatique tels que la diarrhée, les maladies à transmission vectorielle et des infections associées, les enfants subissent indirectement les effets du changement climatique sur leurs parents tels que la perte de revenu et de productivité (Ahdoot et Pacheco, 2015).

Les conséquences de la malnutrition des enfants sont mesurées à travers le retard de croissance, l'insuffisance pondérale et l'émaciation. Le retard de croissance ou malnutrition chronique reflète l'exposition à long terme d'un enfant à une alimentation inadéquate au début de la vie qui peut résulter de problèmes liés à l'eau, à l'assainissement ou à l'hygiène, d'une maladie récurrente ou chronique ainsi que d'un apport calorique insuffisant ou d'une combinaison de ces facteurs et dont les effets sont potentiellement irréversibles (Davenport et al., 2017; Brown et al., 2020). L'émaciation ou malnutrition aiguë résulte d'une dénutrition récente et aiguë ou d'une maladie (Cooper et al., 2019b; Brown et al., 2020). La prévalence de l'émaciation peut donc varier d'une saison à l'autre en fonction de la disponibilité de la nourriture et/ou de la prévalence de la maladie. L'insuffisance pondérale est une mesure de la malnutrition chronique, aiguë ou les deux (Brown et al., 2020). La production agricole et l'insécurité alimentaire semblent expliquer principalement l'incidence du retard de croissance, de l'émaciation et de l'insuffisance pondérale des enfants (Rayco-Solon et al., 2005; Grace et al., 2015; Davenport et al., 2017).

Ces différentes formes de la malnutrition des enfants de moins de cinq ans sont fortement liées au changement climatique, soit directement à travers notamment

les stress thermiques in utero, les températures, inondations et sécheresse, des maladies diarrhéiques et à transmission vectorielle (Brown et al., 2020), soit indirectement à travers la dénutrition due à la perte de la production agricole et du bétail (Grace et al., 2012, 2015; Davenport et al., 2017; Shively, 2017; Cooper et al., 2019b), soit d'autres mesures de l'état de santé infantile (Cooper, Brown, Azzarri et al., 2019). Toutefois, les effets du changement climatique sur ces différentes formes de malnutrition peuvent être atténués par notamment l'augmentation du statut éducatif des mères et l'amélioration du niveau de vie des ménages (Davenport et al., 2017; Cooper et al., 2019a; Brown et al., 2020).

Le fardeau de l'insécurité alimentaire et de la malnutrition infantile reste une menace au Togo dans le contexte actuel de changement climatique. Au Togo, en 2017, environ 1169 (23,8%) des enfants de moins de 5 ans souffraient de la malnutrition chronique (retard de croissance), 748 (15,2%) de l'insuffisance pondérale et 280 (5,7%) de la malnutrition aiguë (émaciation) (INSEED, 2017) contre respectivement 902 (27,5%), 525 (16%) et 213 (6,5%) en 2013-2014 (INSEED, 2014). Vu la tendance à la hausse de la malnutrition infantile, l'analyse des effets des chocs climatiques sur les différentes formes de malnutrition est importante à plusieurs égards. Premièrement, le retard de croissance, l'émaciation et l'insuffisance pondérale accroissent le risque de mortalité des enfants, diminuent leurs résultats physiques, cognitifs et éducatifs, les exposent à des problèmes de santé tout au long de la vie (Cooper et al., 2019a). Deuxièmement, en raison des effets sur la productivité et les revenus qui en résultent, la croissance économique peut être entravée à long terme (Daelmans et al., 2017; Cooper et al., 2019a). Troisièmement, le Togo pratique l'agriculture pluviale et la plupart des togolais dépendent en partie ou totalement de l'agriculture pour leur subsistance. En outre, le Togo connaît une perturbation des paramètres climatiques (Balaka et al., 2021). Compte tenu des graves répercussions sur la survie, la santé et le bien-être, il est essentiel d'analyser les circonstances dans lesquelles les enfants deviennent mal nourris.

Pour cela, l'article s'assigne comme objectif d'analyser les effets des perturbations météorologiques sur la nutrition infantile au Togo. Bien qu'il y ait plusieurs travaux sur la relation entre le changement climatique et la nutrition infantile, aucun travail similaire n'est encore réalisé, à notre connaissance, au Togo. Cet article diffère des travaux antérieurs qui ont mis en évidence la relation entre les chocs climatiques et la dénutrition infantile que ce soit au niveau mondial (Cooper et al., 2019a), en Afrique (Grace et al., 2015; Davenport et al., 2017; Haile et al., 2018), en Afrique de l'Ouest (Mali, Burkina Faso, Guinée et Bénin) (Johnson et Brown, 2014), au Ghana et au Bangladesh (Cooper et al., 2019b), au Népal (Shively, 2017), au Mexique (Skoufias et Vinha, 2012), au Kenya (Grace et al., 2012). D'une part, il met en relation un éventail plus large de chocs climatiques historiques et des résultats nutritionnels (scores HAZ ; WHZ et WAZ) des enfants de moins de cinq ans. Il analyse également les facteurs susceptibles d'atténuer ou non les effets des chocs météorologiques sur l'état nutritionnel des enfants. D'autre part, il analyse séparément les effets des chocs climatiques sur les scores HAZ, WHZ et WAZ des enfants de 0 à 24 mois et ceux de 25 à 59 mois. L'âge de 0-24 mois correspond aux 1000 premiers jours de la vie, période au cours de laquelle le ralentissement de la croissance se produit principalement (Victora et al., 2010; Alderman et Headey, 2017). Par conséquent, le changement climatique pourrait avoir des effets plus prononcés sur la santé nutritionnelle des enfants d'âge inférieur à 2 ans. Cet âge est également la période d'opportunité pour prévenir la malnutrition (Victora et al., 2010). Il paraît donc justifié de distinguer les enfants de 0 à 24 mois de ceux de 25 à 59 mois dans l'analyse de l'effet du changement climatique sur la santé nutritionnelle des enfants afin d'orienter les interventions.

Cet article contribue à améliorer l'état de connaissances sur les risques potentiels des chocs climatiques sur l'état de santé nutritionnelle des enfants de moins de cinq ans. Il fournit également des informations utiles pour l'adaptation au changement climatique en vue d'atténuer les effets dommageables à court terme concernant la morbidité et la mortalité infantile, ainsi que des effets à long terme sur le développement cognitif et la réussite scolaire. La suite de l'article est structurée en trois sections. La première section présente les fondements théoriques et empiriques de l'effet du changement climatique sur la nutrition infantile exposés dans la littérature. La section 2 présente le cadre méthodologique adopté et la dernière section analyse et discute les résultats. Des implications de politiques économiques et des perspectives de recherche sont données en conclusion.

1. FONDEMENTS THÉORIQUES ET EMPIRIQUES DE L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA NUTRITION INFANTILE : UNE REVUE DE LA LITTÉRATURE

1.1. Fondements théoriques de l'effet du changement climatique sur la nutrition infantile

Le changement climatique paraît avoir des effets potentiellement aggravants sur la dénutrition infantile dans les divers systèmes agricoles africains (Hanna et Oliva, 2016; Haile et al., 2018). Ces effets affectent tous les déterminants de la nutrition, soit directement à travers l'apport en nourriture et en nutriments, la maladie, le stress thermique et la déshydratation, soit indirectement à travers les facteurs socioéconomiques et les conditions environnementales (Grace et al., 2012; Davenport et al., 2017). Ainsi, le changement climatique peut exacerber la malnutrition infantile à travers la sécurité alimentaire du ménage, l'alimentation et les pratiques de soins des enfants. La combinaison des extrêmes climatiques et d'une production alimentaire instable entraîne un risque accru de futurs bébés de faible poids à la naissance en Afrique subsaharienne (Grace et al., 2015). Le changement climatique affecte la disponibilité et la qualité des aliments avec des conséquences sur la volatilité des prix. Ce qui affecte la consommation globale de calories et d'aliments sains avec des conséquences sur la malnutrition des enfants (Springmann et al., 2016). Le changement climatique peut entraîner de mauvaises récoltes, des pénuries alimentaires, la perte de revenus et un accès réduit des ménages aux aliments, ce qui peut affecter l'état nutritionnel des enfants (Akresh et al., 2011). Les difficultés d'accès à la nourriture et l'instabilité des prix du fait du changement climatique peuvent entraîner des dommages nutritionnels chez les enfants pendant la période de croissance (Arndt et al., 2016).

La physiologie et le métabolisme immatures des enfants, leur développement incomplet, leur exposition plus élevée à la nourriture et à l'eau par unité de poids corporel, leurs modèles de comportement uniques et leur dépendance vis-à-vis des personnes qui s'occupent d'eux font qu'ils sont beaucoup plus exposés que les adultes aux risques sanitaires liés au climat (Ahdoot et Pacheco, 2015). Le faible poids à la naissance et le retard de croissance résultent de l'exposition combinée aux extrêmes climatiques et à la pauvreté (Grace et al., 2012, 2015; Davenport et al., 2017). Les femmes enceintes sont supposées être plus sensibles aux températures extrêmes. Lorsqu'elles exposées à des températures élevées, les femmes enceintes font face à des tensions émotionnelles et physiques accrues ainsi qu'aux stress thermiques avec des conséquences sur le développement du nouveau-né et l'insuffisance pondérale à la naissance (Grace et al., 2015). Les naissances prématurées, qui peuvent également résulter de conditions météorologiques extrêmes, expliquent l'insuffisance pondérale à la naissance (Basu et al., 2010).

Le changement climatique entraîne une augmentation des problèmes d'assainissement qui affectent la santé des enfants et la façon dont les nutriments sont absorbés et utilisés par l'organisme. La diminution de la qualité et de la disponibilité de l'eau dans certaines régions peut entraîner l'augmentation des maladies d'origine hydrique telles que les maladies diarrhéiques et l'augmentation de la transmission des maladies à transmission vectorielle tel que le paludisme (Hanna et Oliva, 2016). En outre, de nouvelles maladies peuvent émerger des écosystèmes perturbés (Hanna et Oliva, 2016). Les inondations et les sécheresses affectent la croissance des enfants par des changements dans la consommation alimentaire et le fardeau des maladies infectieuses (Danysh et al., 2014). En outre, de nombreuses réponses aux défis climatiques ont également des implications sur le travail et le temps disponible laissé aux femmes pour assurer l'alimentation des enfants et les pratiques de soins (Bryan et al., 2017).

Une exposition précoce aux chocs climatiques pendant la période de 0 à 24 mois pourrait avoir des effets durables sur le développement (Tesfu, 2016). Les effets du changement climatique sur la malnutrition infantile sont susceptibles de créer un cycle intergénérationnel de malnutrition. En effet, la petite taille de la mère, qui résulte d'une mauvaise nutrition pendant l'enfance, est associée à un faible poids à la naissance et à un retard de croissance de l'enfant. Ce qui entretient le cycle de la malnutrition (Brown et al., 2020). Les enfants souffrant de malnutrition ont moins de chances de fréquenter l'école et peuvent connaître des déficiences sur le plan cognitif à l'âge adulte (Hanna et Oliva, 2016 ; Brown et al., 2020).

1.2. Estimations empiriques de l'effet du changement climatique sur la nutrition infantile

Des travaux sont réalisés pour confirmer le lien entre les paramètres climatiques et la malnutrition infantile ainsi que pour examiner les facteurs susceptibles d'atténuer les effets des anomalies climatiques sur la nutrition des enfants (Shively, 2017; Cooper et al., 2019a). Afin d'examiner l'effet des précipitations extrêmes sur les résultats nutritionnels des enfants, Cooper et al. (2019a) intègrent des observations des chocs climatiques historiques et des résultats nutritionnels de plus de 580 000 enfants dans 53 pays. Les résultats révèlent une relation claire entre les scores SPEI (Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index) de 24 mois et les scores HAZ des enfants. Les enfants ont des scores HAZ les plus élevés lorsque les précipitations se situent entre la norme à long terme (SPEI = 0) et une période légèrement humide (SPEI = 1). Lorsque les niveaux de précipitations augmentent ou diminuent par rapport aux normes à long terme, les scores HAZ diminuent. Les résultats montrent aussi que des précipitations annuelles moyennes plus importantes atténuent l'effet de la sécheresse sur les scores HAZ tandis qu'une température mensuelle moyenne maximale plus élevée l'exacerbe.

L'analyse de la littérature existante sur les relations entre les facteurs potentiels et les principaux indicateurs de la malnutrition infantile de Brown et al. (2020) a révélé que l'émaciation est statistiquement associée en tant que facteur de risque à des précipitations excessives. De même, le retard de croissance est statistiquement associé aux températures extrêmes et l'insuffisance pondérale statistiquement associée à la sécheresse comme facteurs de risque. L'étude de Haile et al. (2018) a montré que les périodes de fortes précipitations et de sécheresses sont des facteurs de risque pour l'émaciation des enfants âgés de plus de 24 mois. Les températures plus élevées quant à elles sont des facteurs de risques pour le retard de croissance des enfants âgés de plus de 24 mois.

Les résultats de Davenport et al. (2017) suggèrent également qu'en cas de réchauffement et d'assèchement le risque d'avoir plus d'enfants mal nourris est plus

grand. Grace et al. (2015) examinent la relation entre le poids à la naissance, les précipitations et la température dans 19 pays africains de 1986 à 2010. Leurs résultats montrent une relation positive entre le poids à la naissance et les précipitations de la saison de croissance et une relation négative entre le poids à la naissance et les journées chaudes. Cooper et al. (2019b), dans leur analyse de l'impact des précipitations extrêmes sur la nutrition infantile et la sécurité alimentaire au Ghana en 2012 et au Bangladesh en 2011 et 2015, montrent que des précipitations excessives sur une courte période de 12 mois sont des facteurs de risque pour l'émaciation. Les résultats de Grace et al. (2012), à travers des modèles de régression multi-niveaux sur des ménages au Kenya, montrent que les précipitations améliorent les scores HAZ des enfants de moins de cinq ans.

Les travaux ainsi signalés portent essentiellement sur les effets des précipitations et des températures extrêmes sur la nutrition infantile. Les études qui ont examiné l'impact des chocs météorologiques sur la santé nutritionnelle des enfants de moins de cinq ans ont porté sur les chocs de précipitations (Cooper et al., 2019b; Cooper et al., 2019a) et de températures (Skoufias et Vinha, 2012; Grace et al., 2012, 2015; Davenport et al., 2017; Haile et al., 2018) ou sur l'indice de végétation (Johnson et Brown, 2014). Plusieurs de ces études ont tenu compte des chocs météorologiques, notamment les niveaux de précipitations et de températures pendant la durée de la saison des pluies (Grace et al., 2012; Shively, 2017), les niveaux de précipitations pendant les 24 ou 48 mois précédant la mesure anthropométrique de l'enfant (Cooper et al., 2019b; Cooper et al., 2019a). La plupart des travaux ont analysé l'effet des chocs climatiques sur la nutrition des enfants de moins de cinq ans pris ensemble.

Dans le but de contribuer à cette littérature, le présent article considère un éventail plus large de chocs climatiques en plus des chocs liés aux précipitations et aux températures comme les chocs climatiques liés à l'insolation et à la vitesse du vent. Les indicateurs climatiques sont construits en considérant le nombre de mois pendant la saison des pluies affectés par des chocs météorologiques. Ensuite, il analyse séparément les effets des chocs climatiques sur les scores HAZ, WHZ et WAZ des enfants de 0 à 24 mois et ceux de 25 à 59 mois. Des études empiriques ont montré que l'exposition aux chocs météorologiques pendant la petite enfance a des effets particulièrement importants à long terme sur les capacités physiques et intellectuelles. Les enfants dans leurs premières années de vie, sont particulièrement vulnérables aux chocs météorologiques (Grantham-McGregor et al., 2007; Hoddinott et al., 2008; Tesfu, 2016). La petite enfance est la période où les enfants ont des besoins nutritionnels importants pour la croissance, et sont également vulnérables aux maladies (Hoddinott et Kinsey, 2001; Tesfu, 2016). La petite enfance est donc la période de la vie critique où la malnutrition peut avoir des conséquences délétères sur le reste de la vie (Victora et al., 2010; Tesfu, 2016; Haile et al., 2018;). Victora et al. (2010) ont démontré que le ralentissement de la croissance dans la petite enfance (0-24 mois) est plus prononcé. Ils suggèrent d'intensifier les investissements au cours de la période d'opportunité, soit la période de la grossesse et les 24 premiers mois de la vie.

2. MÉTHODOLOGIE D'ANALYSE DE L'EFFET DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LA NUTRITION INFANTILE

Le lien entre les chocs climatiques et la nutrition des enfants passe par de multiples canaux rendant l'estimation des effets du changement climatique sur l'émaciation, le retard de croissance et l'insuffisance pondérale assez complexe (Haile et al., 2018). Les sections qui suivent présentent la spécification du modèle statistique et les données utilisées.

2.1. Modèle d'analyse

A la suite de Haile et al. (2018) et Cooper et al. (2019a), l'effet du changement climatique sur la nutrition infantile est modélisé comme suit :

$$Z_{ij} = \alpha_0 + \beta EC_j + \gamma G_j + \rho Child024_{ij} + \varphi EC_j * Chil024_{ij} + \pi EC_j * G_j + \vartheta X_{ij} + \eta F + \mu_{ij} \quad (1)$$

où l'état de santé nutritionnelle des enfants Z est représenté par les scores HAZ, WHZ et WAZ. i et j sont des indices désignant l'enfant et la zone de dénombrement. EC mesure les extrêmes climatiques pendant la saison des pluies, notamment le nombre de mois de la saison des pluies qui connaissent une période sèche, une période humide, une vague de chaleur, une vague de froid, une période ensoleillée, une période de faible niveau d'ensoleillement, une période de vents forts et une période de vents calmes. G est le vecteur des facteurs géographiques de l'environnement de l'enfant (précipitations moyennes mensuelles à long terme pendant la saison des pluies (PrecMLT), température maximale moyenne mensuelle à long terme (TmaxMLT) et le taux brut de scolarité au primaire (TBSP) dans la région de résidence de l'enfant). Les termes quadratiques de PrecMLT et TmaxMLT sont utilisés dans la modélisation. $Child024$ est une variable binaire qui est égale à 1 si l'enfant a entre 0 et 24 mois d'âge. $EC * Child024$ représente des termes interactifs entre les types de chocs météorologiques et le fait que l'enfant ait un âge compris entre 0 et 24 mois. $EC * G$ représente des termes interactifs entre les types de chocs climatiques et les facteurs géographiques de l'environnement de l'enfant. X contient des variables relatives à l'enfant, à la mère et au ménage. F inclut les effets fixes pour la zone de dénombrement. μ est le terme d'erreur du modèle.

Le vecteur de coefficients estimés $\hat{\beta}$ mesure les effets d'une augmentation d'un mois de chaque type de choc climatique sur le z-score respectif chez tous les enfants de 0 à 59 mois (en pourcentage) tandis que les effets des chocs climatiques sur les z-scores des enfants de 0 à 24 mois sont capturés par $\hat{\varphi}$. L'équation (1) est estimée à l'aide des moindres carrés pondérés. Elle est estimée en tenant compte des chocs cumulatifs retardés (R1 à R5).

2.2. Données et statistiques descriptives

Données sur la nutrition

L'analyse utilise les données de l'enquête par grappes à indicateurs multiples sixième édition (MICS 6) menée en 2017 au Togo par l'INSEED. La base de données comprend environ 4536 enfants. Les variables de l'état nutritionnel sont les HAZ (Height-for-age z-score), WHZ (weight-for-height z-score) et WAZ (weight-for-age z-score) qui représentent respectivement des indicateurs de retard de croissance (malnutrition chronique), d'émaciation (malnutrition aiguë) et d'insuffisance pondérale pour les enfants de moins de cinq ans. La diminution des z-scores entraîne une détérioration de l'état nutritionnel de l'enfant.

Données sur les variables influençant la vulnérabilité

Les variables au niveau de l'enfant et du ménage susceptibles d'atténuer ou d'exacerber les effets des anomalies climatiques sur les scores HAZ, WHZ et WAZ des enfants de moins de cinq ans sont considérées. Parmi les variables au niveau du ménage figure l'indice de richesse qui permet de classer les ménages par niveau (quintile) de bien-être. Pour construire cet indice composite de la richesse, l'enquête MICS 6 a fait usage d'une analyse en composante principale à partir d'informations sur la propriété des biens de consommation, les caractéristiques du logement, l'eau et l'assainissement, ainsi que d'autres caractéristiques liées à la richesse du ménage.

Des variables géographiques telles que les précipitations moyennes mensuelles de long terme pendant la saison des pluies, la température moyenne mensuelle de long terme et le taux brut de scolarité au primaire sont également prises en compte.

Données sur les paramètres climatiques

Les données sur les variables climatiques proviennent de la Direction générale de la météorologie. Elles portent sur les précipitations, la température, l'insolation et la vitesse du vent. Pour chaque préfecture de l'échantillon MICS 6, les données météorologiques de la station la plus proche ont été considérées. Les indicateurs sont calculés en retenant les variations pendant la période des saisons de pluies par rapport à la moyenne de long terme. Les indicateurs sont conçus pour mesurer les chocs météorologiques survenant jusqu'à cinq saisons de pluies avec une période de décalage allant de un an à cinq ans avant 2017, année de l'enquête MICS 6. Ces indicateurs sont le nombre de mois de chaque choc climatique sur la durée de vie de chaque enfant. Sept indicateurs de chocs météorologiques sont ainsi construits : les mois de la saison des pluies où les précipitations mensuelles sont supérieures à un écart-type au-dessus des précipitations moyennes à long terme (MLT) (dénommés les mois de période humide ou de fortes pluies), d'après une série chronologique mensuelle allant de 1982 à 2017 ; les mois de la saison des pluies où les précipitations sont inférieures à un écart-type au-dessous de la MLT (dénommés mois de sécheresse) ; les mois de la saison des pluies où la température mensuelle est supérieure à un écart-type au-dessus de la MLT (dénommés mois de chaleur) ; les mois de la saison des pluies où la température mensuelle est inférieure à un écart-type au-dessous de la MLT (dénommés mois de vague de froid) ; les mois de la saison des pluies où l'insolation mensuelle est supérieure à un écart-type au-dessus de la MLT (dénommés mois ensoleillés) ; les mois de la saison des pluies où l'insolation mensuelle est inférieure à un écart-type au-dessous de la MLT (dénommés mois à faible niveau d'ensoleillement) ; les mois de la saison des pluies où la vitesse du vent mensuelle est supérieure à un écart-type au-dessus de la MLT (dénommés mois de vents forts).

A la suite de Haile et al. (2018), l'analyse des effets des chocs retardés d'un à cinq ans révèle que différentes cohortes d'enfants auraient été exposées à des chocs d'un an à différents stades de leur croissance (Tableau 1). Plus précisément, la cohorte plus jeune (0-24 mois) aurait été exposée à des chocs au cours de ses premières années de formation. Une exposition précoce aux chocs climatiques pourrait avoir des effets durables sur le développement car la période de 0 à 24 mois est la période d'âge à partir de laquelle le retard de croissance s'installe (Tesfu, 2016 ; Haile et al., 2018). La cohorte la plus jeune aurait été exposée à des chocs cumulatifs entre deux et trois ans (y compris in utero), tandis que les cohortes les plus âgées auraient été exposées à des chocs cumulatifs de trois à cinq ans.

Tableau 1. Années d'exposition aux chocs climatiques (selon l'âge de l'enfant et la période de décalage)

Age (mois)	Cumulatif (R1 à R5)
0-12	2 ans (in utero et 1e année)
13-24	3 ans (in utero et 2 premières années)
25-36	4 ans (in utero et 3 premières années)
37-48	5 ans (in utero et 4 premières années)
49-59	5 ans (vie entière)

Source : Auteurs à partir de Haile et al. (2018).

Statistiques descriptives

Notre échantillon est composé de 51,3% d'enfants de sexe masculin et de 48,7% de sexe féminin. Presque tous les enfants sont nés seuls (96,58%) et ont été allaités (93,38%).

Tableau 2. Définition des variables du modèle d'estimation de l'équation 1

Variables	Définition	Min.	Max.
<i>Variables dépendantes</i>			
Scores HAZ	Scores de Taille-pour-Age	-5,64	5,51
Scores WHZ	Scores de Poids-pour-Taille	-4,86	4,96
Scores WAZ	Scores de Poids-pour-Age	-5,46	3,61
<i>Facteurs géographiques</i>			
PreciMLT	Précipitations moyennes de long terme	93,49	184,46
TmaxMLT	Température maximale moyenne de long terme	28,82	35,27
TBSP*	Taux brut de scolarisation au primaire	125,39	165,09
<i>Anomalies climatiques (cumulatifs R1 à R5)</i>			
Mois pluvieux	Nombre de mois de la saison des pluies (SP) où : précipitations mensuelles > 1 écart-type (ET) au-dessus de la moyenne de long terme (MLT) ^a	1	8
Mois secs	Nombre de mois de la SP où : précipitations mensuelles < 1 ET au-dessous des précipitations MLT ^a	1	9
Mois chauds	Nombre de mois de la SP où : température mensuelle > 1 ET au-dessus de la MLT ^a	2	21
Mois froids	Nombre de mois de la SP où : température mensuelle < 1 ET au-dessous de la MLT ^a	0	11
Mois ensoleillé	Nombre de mois de la SP où : insolation mensuelle > 1 ET au-dessus de la MLT ^a	0	20
Mois nuageux	Nombre de mois de la SP où : insolation mensuelle < 1 ET au-dessous de la MLT ^a	0	6
Mois venteux	Nombre de mois de la SP où : vitesse du vent mensuelle > 1 ET au-dessus de la MLT ^a	6	13

^a d'après une série chronologique mensuelle de 1982 à 2017.

Tableau 2 (suite)

Variables	Définition	
<i>Individuel</i>		
Child024	Enfant de 0 à 24 mois d'âge dans le ménage	Nombre= 2000
Sexe de l'enfant	Sexe de l'enfant : Masculin=1 ; Féminin=2	1=51,30% ; 2= 48,70%
Diarrhée	L'enfant a eu la diarrhée pendant les deux dernières semaines précédant l'enquête : Oui=1 ; Non=2	1=17,26% ; 2= 82,74%
Toux	L'enfant a eu la toux: Oui=1 ; Non=2	1=24,02% ; 2=75,98%
Age de l'enfant	L'âge de l'enfant en mois et son terme quadratique	0 à 59 mois
Jumeau	L'enfant est-il jumeau : Oui=1 ; Non=2	1=3,42% ; 2= 96,58%
<i>Ménage</i>		
Instruction Mère	Aucun/préscolaire=0 ; Primaire=1 ; Secondaire et +=2	0=37,05% ; 1= 34,13% ; 2=28,82%
Age Mère	Age en années	15 à 49 ans
Quintile de bien-être	Plus pauvre=1 ; Second=2 ; Moyen=3 ; Quatrième=4 ; Plus riche=5	1=23,79% ; 2=22,30% ; 3=19,82% ; 4= 17,97% ; 5= 16,12%
Source d'eau de boisson	Robinets=1 ; Puits=2 ; Source=3 ; Pluie=4 ; Eau de surface=5 ; Eau conditionnée=6	1= 22,52% ; 2=60,41% ; 3=3,45% ; 4=0,38% ; 5=10,10% ; 6=3,14%
Type de toilettes	Chasse d'eau=1 ; Latrine à fosse dallée=2 ; Défécation dans la nature =3	1=18% ; 2= 18,6% ; 3=63,4%
Terres agricoles	Le ménage possède des terres agricoles ? Oui=1 ; Non=2	1=56,66% ; 2=43,34%

Source : Auteurs.

Les scores HAZ, WHZ et WAZ des enfants varient respectivement entre -5,64 et 5,51, -4,86 et 4,96, -5,46 et 3,61. La source principale d'eau de boisson des ménages est le puits (60,4%). Les mères dont le niveau d'instruction est le primaire/aucun sont majoritaires (37,1%). L'âge des mères varie de 15 à 49 ans. Environ 63% des

ménages défèquent dans la nature ou utilisent des fosses ouvertes. Les ménages plus pauvres représentent 23,8% et les plus riches, 16,1%. Les précipitations moyennes mensuelles de long terme pendant la saison des pluies varient de 93,48 mm à 184,46 mm. La température maximale moyenne de long terme varie de 28,81 °C à 35,27 °C. Le Tableau 3 présente les hypothèses des effets des chocs climatiques sur la nutrition infantile.

Tableau 3. Hypothèses sur les effets des variables du modèle d'estimation de l'équation 1

Variabes	Hypothèses sur les effets potentiels	Signes
<i>Facteurs géographiques</i>		
PreciMLT	Améliorent les résultats nutritionnels des enfants si les populations ont des capacités d'adaptation (les agriculteurs de subsistance des pays en développement plantent souvent des cultures adaptées aux régimes locaux de précipitations à long terme). Sinon elles peuvent conduire à une détérioration des résultats nutritionnels des enfants (Cooper et al., 2019b; Haile et al., 2018).	+/-
TmaxMLT	Améliorent les résultats nutritionnels des enfants si les populations ont des capacités d'adaptation (les agriculteurs de subsistance des pays en développement plantent souvent des cultures adaptées aux régimes locaux de température à long terme). Sinon elles peuvent conduire à une détérioration des résultats nutritionnels des enfants (Haile et al., 2018).	+/-
TBSP	Améliore les capacités d'adaptation et les résultats nutritionnels des enfants surtout pour les enfants de 25 à 59 mois. Amélioration généralement croissante avec le niveau d'instruction et minime pour l'éducation primaire (Alderman et Headey, 2017; Cooper et al., 2019b).	+
<i>Anomalies climatiques</i>		
Mois pluvieux	Améliorent les résultats nutritionnels des enfants si les précipitations se situent entre les normes et légèrement au-dessus des normes. Détériorent les résultats nutritionnels des enfants si les précipitations sont largement au-dessus des normes (Cooper et al., 2019b; Cooper et al., 2019a).	+/-
Mois secs	Associés à une détérioration des résultats nutritionnels des enfants (Cooper et al., 2019a).	-
Mois chauds	Détériorent les résultats nutritionnels des enfants. Toutefois, les températures élevées mais inférieures aux seuils de tolérance des cultures peuvent améliorer les rendements et améliorer les résultats nutritionnels des enfants (Blom et al., 2019; Skoufias et Vinha, 2012; Thornton, 2012).	+/-
Mois froids	Améliorent les résultats nutritionnels des enfants. Toutefois, les températures minimales peuvent réduire les rendements agricoles et affecter les résultats nutritionnels des enfants. Elles peuvent également accroître des maladies pathogènes et à transmission vectorielle qui détériorent la santé nutritionnelle des enfants (Skoufias et Vinha, 2012).	+/-
Mois ensoleillés	Favorisent le développement des plantes et améliorent les rendements des cultures et les résultats nutritionnels des enfants. A contrario, un fort ensoleillement pourrait avoir des effets négatifs sur la production agricole et la nutrition infantile (Ali et al., 2017; Godoy Herz et al., 2019).	+/-
Mois nuageux	Peuvent nuire à la production végétale et animale ainsi qu'aux résultats nutritionnels des enfants. (Zhang et al., 2017)	-
Mois venteux	Peuvent être préjudiciables aux plantes lors d'événements météorologiques extrêmes et détériorer les résultats nutritionnels des enfants. (Zhang et al., 2017)	-

Tableau 3 (suite)

Variabiles	Hypothèses sur les effets potentiels	Signes
<i>Effet des interactions</i>		
Chocs climatiques* Child024	Il est attendu que les enfants de 0 à 24 mois subissent davantage les effets des différents chocs climatiques cités ci-haut car c'est l'âge où le ralentissement de la croissance se produit principalement et également l'âge d'opportunité pour prévenir la malnutrition (Haile et al., 2018; Victora et al., 2010).	-
Sécheresse* Terres agricoles	Il est attendu que les sécheresses atténuent l'effet positif de la possession des terres agricoles sur la nutrition infantile.	-
Sécheresse* PrecMLT	Susceptibles d'atténuer les effets négatifs des sécheresses sur les résultats nutritionnels des enfants (Cooper et al., 2019a).	+
Sécheresse* TmaxMLT	Susceptibles d'intensifier les effets négatifs des sécheresses sur les résultats nutritionnels des enfants (Beguiria et al., 2014; Cooper et al., 2019b).	-
Sécheresse* TBSP	Améliore les capacités d'adaptation et atténue les effets négatifs des sécheresses sur les résultats nutritionnels des enfants (Solow, 1956).	+
Chaleur* PrecMLT	Susceptibles d'atténuer les effets potentiels des périodes de fortes chaleurs sur les résultats nutritionnels des enfants.	+
Chaleur* TBSP	Améliore les capacités d'adaptation et atténue les effets potentiels des périodes de fortes chaleurs sur les résultats nutritionnels des enfants (Solow, 1956).	+
Temps nuageux* PrecMLT	Susceptibles d'atténuer les effets potentiels des périodes de faible niveau d'insolation sur les résultats nutritionnels des enfants.	+
Temps nuageux* TmaxMLT	Susceptibles d'intensifier les effets négatifs des périodes de faible insolation sur les résultats nutritionnels des enfants.	-
Temps nuageux* TBSP	Améliore les capacités d'adaptation et atténue les effets négatifs des périodes de faible insolation sur les résultats nutritionnels des enfants (Solow, 1956).	+
Vent*PrecMLT	Susceptibles d'intensifier les effets potentiels des périodes de vents forts sur les résultats nutritionnels des enfants.	-
Vent*TBSP	Améliore les capacités d'adaptation et atténue les effets potentiels des périodes de vents forts sur les résultats nutritionnels des enfants.	+

Source : Auteurs.

3. PRÉSENTATION, ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Les résultats de l'estimation de l'équation (1) sont résumés dans le tableau 4. Pour ce qui est des enfants plus jeunes (0-24 mois), les résultats montrent une relation négative entre les périodes de fortes pluies, les scores Taille-pour-âge (HAZ) et les scores Poids-pour-âge (WAZ), ce qui suggère que les périodes de fortes pluies accroissent le retard de croissance et l'insuffisance pondérale chez les enfants de 0 à 24 mois. Les résultats montrent également une relation négative entre les périodes de sécheresse, les scores HAZ, les z-scores Poids-pour-taille (WHZ) et les scores WAZ des enfants plus jeunes, ce qui révèle que les sécheresses accroissent le retard de croissance, l'émaciation et l'insuffisance pondérale chez les enfants plus jeunes (0-24 mois). La sécheresse affecte négativement la germination des semences, la croissance des plantes, les rendements de la production végétale et animale, la disponibilité d'eau avec des conséquences sur la disponibilité alimentaire, l'hygiène et l'assainissement. Les précipitations excessives peuvent aussi entraîner un ruissellement de surface et un engorgement du sol, causer des dommages à la production végétale et animale, aggraver les conditions phytopathologiques, d'hygiène et d'assainissement, augmenter l'occurrence des maladies bactérienne et à transmission vectorielle, causer des problèmes de transport et de logistiques généraux (Haile et

al., 2018). Une incidence plus élevée d'émaciation a déjà été liée à une exposition aux inondations (Rodriguez-Llanes et al., 2016) en Inde. Cooper et al. (2019a) ont montré que les précipitations extrêmes et les sécheresses en particulier sont associées à une plus mauvaise nutrition des enfants, notamment le retard de croissance. Cooper et al. (2019b) ont également trouvé une association entre les précipitations plus élevées et une plus mauvaise nutrition infantile au Ghana.

Une relation négative est également constatée entre les périodes très froides et les scores HAZ et WHZ des enfants plus jeunes (0-24 mois). Les périodes très froides accroissent le retard de croissance et l'émaciation chez ces enfants. Les périodes de faible niveau d'insolation (dénommées temps nuageux) et des vents forts ont une influence négative à la fois sur les scores HAZ, WHZ et WAZ des enfants plus jeunes. Ces périodes accroissent donc le retard de croissance, l'émaciation et l'insuffisance pondérale chez ces enfants. Par contre, les périodes de forte insolation réduisent le retard de croissance et l'émaciation chez les enfants de 0-24 mois. Alors que des périodes de forte insolation favorisent le développement des plantes, la photosynthèse et améliorent les rendements des cultures (Ali et al., 2017; Godoy et al., 2019), des niveaux faibles d'insolation peuvent nuire à la production végétale et animale. Si la température renforce la photosynthèse et conduit à l'accroissement des rendements (ce qui peut améliorer la sécurité alimentaire et la nutrition des enfants), des niveaux faibles de températures peuvent nuire au processus de métabolisme des plantes et réduire la production alimentaire, accroître l'occurrence des maladies tels que la toux chez les jeunes enfants.

Les vitesses élevées du vent peuvent également être préjudiciables aux plantes. Elles peuvent aussi affecter la reproduction animale avec des effets néfastes sur la disponibilité des calories et des protéines animales. Tous ces facteurs favorisent l'occurrence des maladies, réduisent les rendements et la disponibilité alimentaire avec des conséquences sur les résultats nutritionnels des jeunes enfants. Les extrêmes climatiques (inondations, sécheresses, période de chaleur et de froid) peuvent être des causes de maladies à transmission vectorielle ou d'origine hydrique ; ils affectent les rendements agricoles, les revenus et la consommation alimentaire avec des effets sur la nutrition humaine, surtout des jeunes enfants plus fragiles et dépendants (Skoufias et Vinha, 2012).

En ce qui concerne les enfants plus âgés (25-59 mois), une relation positive apparaît entre les périodes de fortes pluies et les scores HAZ et WAZ, ce qui n'est pas le cas concernant les scores WHZ. Des fortes pluies ou des périodes légèrement humides réduisent le retard de croissance (malnutrition chronique) et l'insuffisance pondérale (malnutrition chronique, aiguë ou les deux), mais accroissent l'émaciation (dénutrition récente et aiguë) chez les enfants plus âgés.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que si les mille premiers jours de la vie d'un enfant sont les plus critiques pour la réalisation de l'anthropométrie (Black et al., 2013; Cooper et al., 2019b), les enfants connaissent une croissance accélérée lorsqu'ils reçoivent une nutrition adéquate après une période de mauvaise nutrition (croissance compensatoire ou de rattrapage) (Stobaugh et al., 2018; Cooper et al., 2019b; Cooper et al., 2019a). Ce qui suggère que les conséquences des dommages des fortes précipitations (directs à travers les effets sur les cultures et le bétail et indirects à travers les maladies) sur la nutrition infantile sont erratiques et peuvent persister ou non dans le temps. Ainsi, la malnutrition peut persister pendant de longues périodes si elle n'est pas traitée. Même après une guérison initiale, de nombreux enfants peuvent retomber à plusieurs reprises dans la malnutrition. De même, le retard de croissance, au lieu d'être un état qui se développe au fil du temps, peut être exacerbé après un facteur de stress aigu ou être réduit ou éliminé avec une nutrition adéquate (Stobaugh et al., 2018).

Tableau 4. Estimations des MCO pondérées des scores HAZ (retard de croissance) ; WHZ (émaciation) et WAZ (insuffisance pondérale)

Variabes	HAZ	WHZ	WAZ
<i>Facteur géographiques</i>			
Précipitations (MLT)	-0.059*** (0.0215)	-0.876*** (0.275)	-0.0388** (0.0184)
Précipitations (MLT) au carré	-0.0015 (0.00327)	0.003*** (0.000952)	-0.0028 (0.00285)
Température maximale (MLT)	-0.450 (0.309)	-8.507*** (26.72)	-0.156 (0.197)
Température maximale (MLT) au carré	-0.298 (0.769)	1.359*** (0.430)	-0.594 (0.671)
Taux brut de scolarité au primaire (TBSP)	-0.121*** (0.0411)	0.0734** (0.0308)	-0.0389 (0.0243)
<i>Anomalies climatiques</i>			
Mois pluvieux	1.217*** (0.289)	-0.596** (0.232)	0.541*** (0.178)
Mois secs	-22.60*** (6.009)	7.010* (3.950)	-11.35** (4.810)
Mois chauds	8.644*** (2.629)	1.525 (1.064)	5.939*** (2.301)
Mois froids	0.0123 (0.122)	0.598** (0.281)	-0.150*** (0.0564)
Mois ensoleillés	0.072 (0.0751)	-1.461*** (0.512)	0.0905** (0.0369)
Mois nuageux	-2.102** (0.916)	7.696*** (26.20)	-9.220 (0.167)
Mois venteux	-6.536*** (2.182)	-0.0757 (0.170)	-4.956*** (1.889)
PluiesxChild024	-1.309*** (0.298)	0.128 (0.155)	-0.611*** (0.185)
Sécheresse*Child024	-0.346*** (0.0941)	-0.591*** (0.189)	-0.156** (0.0645)
Chaleur*Child024	0.198*** (0.0640)	-0.821 (1.010)	-0.415 (0.409)
Froid*Child024	-0.388** (0.156)	-0.318** (0.182)	-0.128* (0.0732)
Tempsensoleil*Child024	0.153** (0.0732)	0.203** (0.0965)	-0.014 (0.128)
Tempsnuageux*Child024	-0.218** (0.108)	-1.240*** (0.363)	-0.273*** (0.0927)
Ventfort*Child024	-0.713*** (0.185)	-0.333*** (0.0931)	-0.526*** (0.124)
Sécheresse*Terres agricoles (Oui)	-0.60* (0.0069)	-0.010 (0.3950)	-0.35* (0.0481)
Sécheresse*PrecMLT	0.0175*** (0.00488)	-0.0197* (0.0103)	0.00971*** (0.00349)
Sécheresse*TmaxMLT	-0.277*** (0.0714)	-0.087 (0.0570)	-0.173*** (0.0617)
Sécheresse*TBSP	0.0459*** (0.0120)	-0.023 (0.0157)	0.026*** (0.00980)
Chaleur*PrecMLT	0.00471*** (0.00138)	0.00694* (0.00375)	0.000813 (0.000864)
Chaleur*TBSP	-0.0033 (0.00470)	0.00188 (0.00371)	-0.00287 (0.00343)
Tempsnuageux*PrecMLT	0.0188 (0.049)	0.0786** (0.0311)	0.042 (0.0428)
Tempsnuageux*TmaxMLT	0.004 (0.0051)	-2.595*** (0.910)	0.021 (0.0337)
Tempsnuageux*TBSP	0.0142** (0.00576)	-0.005 (0.00724)	0.00229*** (0.000670)

Tableau 4 (suite)

Variables	HAZ	WHZ	WAZ
Ventfort*PrecMLT	-0.0115*** (0.00282)	0.00728*** (0.00218)	-0.00157 (0.00101)
Ventfort*TBSP	-0.00747 (0.00483)	0.145 (0.321)	-0.006* (0.00354)
<i>Caractéristiques individuelles</i>			
Sexe de l'enfant (Féminin)	0.275*** (0.0479)	0.107*** (0.0412)	0.216*** (0.0417)
Diarrhée (Non)	0.0445 (0.0611)	0.179*** (0.0535)	0.187*** (0.0533)
Toux (Non)	0.010 (0.0555)	0.112** (0.0477)	0.0877 (0.0483)
Age de l'enfant (Mois)	-0.023*** (0.00674)	-0.077*** (0.0111)	-0.016*** (0.00514)
Jumeau (Non-Simple)	0.812*** (0.130)	0.192* (0.113)	0.675*** (0.113)
<i>Caractéristiques des ménages</i>			
Niveau d'instruction de la mère (non/préscolaire)			
Primaire	0.018 (0.0648)	0.179*** (0.0555)	0.131** (0.0565)
Secondaire et plus	0.188** (0.0772)	0.175*** (0.0665)	0.231*** (0.0674)
Age de la femme	0.020*** (0.00536)	0.0028 (0.00462)	0.0129*** (0.00467)
Terres agricoles (Oui)	0.0207 (0.0595)	0.0479 (0.0519)	0.0560 (0.0524)
Quintile de bien-être (plus pauvre)			
Second	0.094 (0.0787)	0.115* (0.0678)	0.143** (0.0685)
Moyen	0.092 (0.108)	0.361*** (0.0961)	0.265*** (0.0973)
Quatrième	0.288* (0.147)	0.558*** (0.139)	0.508*** (0.140)
Plus riche	0.537*** (0.165)	0.467*** (0.153)	0.607*** (0.155)
Source principale d'eau de boisson (eau de robinet)			
Puitss	-0.0488 (0.0620)	0.0259 (0.0542)	-0.00153 (0.0548)
Source	-0.0827 (0.143)	0.341*** (0.124)	0.167 (0.125)
Pluie	-0.772** (0.391)	-0.329 (0.336)	-0.658* (0.341)
Eau de surface	-0.072 (0.0994)	-0.153* (0.0866)	-0.165* (0.0874)
Eau conditionnée	0.126 (0.142)	0.0944 (0.123)	0.128 (0.124)
Type de toilettes (chasse d'eau)			
Latrine à fosse dallée	0.0810 (0.0898)	-0.181** (0.0772)	-0.0465 (0.0780)
Défécation dans la nature	0.200* (0.101)	-0.170* (0.0880)	0.0422 (0.0890)
Constante	29.69** (12.98)	13.66*** (427.5)	6.566 (7.913)
Observations	2,785	2,779	2,790
R-squared	0.145	0.114	0.132
AIC	9170.06	8312.738	8426.054
BIC	9514.116	8668.528	8758.347

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. AIC & BIC : Akaike & Bayesian information criterion.

Source : Auteurs.

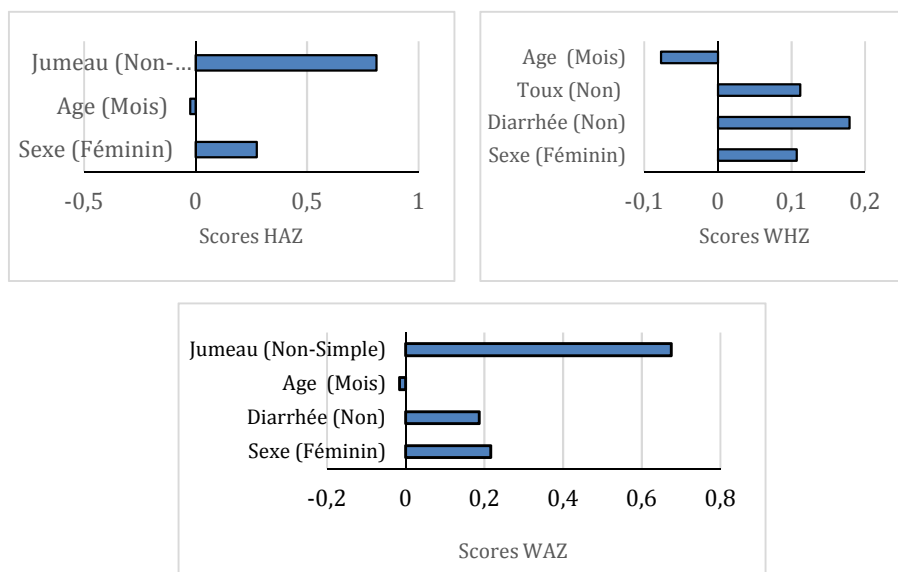
Par contre, il y a une relation négative entre les périodes de sécheresses et de vents forts et les scores HAZ et WAZ des enfants plus âgés suggérant que de telles périodes accroissent chez ces enfants le retard de croissance et l'insuffisance pondérale. La sécheresse et les vents forts ont des effets négatifs sur les rendements de la production végétale et animale. Elle affecte également l'hygiène et l'assainissement à travers la pénurie et la qualité de l'eau ainsi que la transmission des maladies aux enfants. Haile et al. (2018) ont également trouvé une relation négative entre la sécheresse et le retard de croissance chez les enfants de 25 à 59 mois en Afrique subsaharienne. Grace et al. (2012) au Kenya, Hoddinott et Kinsey, (2001) au Zimbabwe ont trouvé des résultats similaires chez les enfants de moins de cinq ans. Les périodes de fortes chaleurs réduisent le retard de croissance et l'insuffisance pondérale chez les enfants plus âgés. Les périodes de fraîcheur réduisent l'émaciation et accroissent l'insuffisance pondérale chez ces enfants. Les périodes de forte insolation réduisent l'insuffisance pondérale, mais accroissent l'émaciation. Cependant, les mois de faible niveau d'insolation réduisent l'émaciation et accroissent le retard de croissance chez les enfants âgés de 25 à 59 ans. Les résultats révèlent des effets variables et mitigés des chocs météorologiques (périodes de chaleur, de froid, de forte et de faible insolation) sur l'état de santé nutritionnelle des enfants plus âgés.

Des facteurs géographiques et des caractéristiques propres aux enfants et aux ménages doivent aussi être analysés pour capter les capacités d'atténuation ou non des effets du changement climatique sur l'état de santé nutritionnelle des enfants de moins de cinq ans. En ce qui concerne les variables de l'environnement géographique, les résultats montrent que les précipitations moyennes mensuelles de long terme pendant la saison des pluies (PrecMLT) atténuent les effets négatifs de la sécheresse sur les scores HAZ et WAZ (retard de croissance et insuffisance pondérale), des périodes de chaleur sur les scores HAZ, des périodes de faible insolation et des périodes de vents forts sur les scores WHZ (émaciation). Cooper et al. (2019a) ont trouvé que les précipitations annuelles moyennes atténuent les impacts de la sécheresse sur les scores HAZ. Par contre, les PrecMLT exacerbent les effets négatifs des périodes de vents forts sur les z-scores HAZ. Ceci peut s'expliquer par le fait que les précipitations sont souvent accompagnées de vents forts. La température maximale moyenne mensuelle de long terme (TmaMLT) exacerbe les effets négatifs de la sécheresse sur les scores HAZ et WAZ. Elle exacerbe également les effets négatifs des périodes de faible niveau d'insolation sur les scores WHZ. Cooper et al. (2019a) ont également mis en évidence que la température maximale moyenne mensuelle de long terme exacerbe les effets négatifs de la sécheresse sur les scores HAZ. Quant au taux brut de scolarité au primaire (TBSP) dans la région concernée, il atténue les effets négatifs de la sécheresse et des périodes de faible niveau d'insolation sur les scores HAZ et WAZ.

En plus des facteurs géographiques, des caractéristiques propres aux enfants de moins de cinq ans et aux ménages sont également susceptibles d'atténuer ou d'exacerber les effets du changement climatique sur la nutrition infantile. La figure 1 montre qu'en ce qui concerne les caractéristiques des enfants, les filles sont, en moyenne, moins susceptibles de souffrir du retard de croissance, de l'émaciation et de l'insuffisance pondérale que les garçons. Les enfants n'ayant souffert ni de la diarrhée ni de la toux dans les deux semaines avant la date de l'interview sont également moins susceptibles d'être émaciés que ceux qui l'ont été. Les enfants nés simples sont aussi moins susceptibles de souffrir de retard de croissance et d'insuffisance pondérale que les enfants nés jumeaux ou triplets. Haile et al. (2018) ont trouvé des résultats similaires de l'effet du sexe de l'enfant et de la diarrhée sur le retard de croissance et l'émaciation. Brown et al. (2020) ont identifié l'âge de l'enfant comme des facteurs de risque

pour l'émaciation, le retard de croissance et l'insuffisance pondérale, le sexe de l'enfant comme un facteur de risque pour l'émaciation et le retard de croissance, l'état diarrhéique comme un facteur de risque pour l'émaciation.

Figure 1. Influence des caractéristiques individuelles des enfants sur leur état nutritionnel



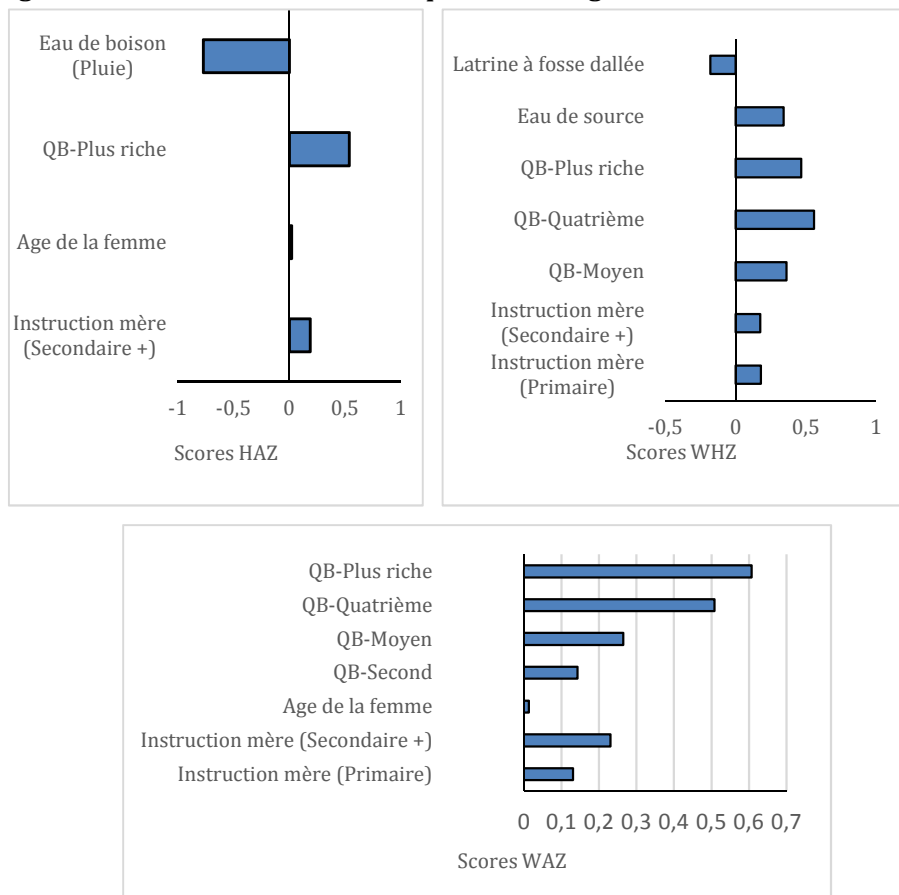
Source : Auteurs.

Les caractéristiques au niveau du ménage (Figure 2) qui sont susceptibles de réduire le retard de croissance des enfants sont le niveau d'instruction de la mère, l'âge de la mère et le niveau de bien-être du ménage. Les caractéristiques qui sont susceptibles de réduire l'émaciation des enfants comprennent le niveau d'instruction de la mère, le niveau de bien-être du ménage et l'usage de l'eau de source comme source principale d'eau de boisson. Celles qui sont susceptibles de réduire l'insuffisance pondérale des enfants sont le niveau d'instruction de la mère, l'âge de la mère et le niveau de bien-être du ménage. L'effet positif de l'éducation de la mère sur l'état nutritionnel et la santé de l'enfant a déjà été documenté dans les pays en développement (Alderman et Headey, 2017), en Afrique subsaharienne (Haile et al., 2018). Brown et al. (2020) ont également identifié que l'éducation de mère atténue l'occurrence du retard de croissance, de l'émaciation et de l'insuffisance pondérale. En effet, les femmes plus instruites peuvent non seulement disposer de plus de revenu, mais aussi avoir de meilleures connaissances en matière de santé, de soins aux aliments et un meilleur pouvoir de décision au sein du ménage.

Les résultats montrent également que la bonne qualité de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène captés par la source principale d'eau de boisson et les types de toilette pourraient réduire la propagation des bactéries qui causent la diarrhée et des infections qui limitent la capacité du corps à absorber des micro et macronutriments essentiels. Headey et Hoddinott (2015) au Népal, et Haile et al. (2018) en Afrique subsaharienne ont établi un lien entre le mauvais état de l'eau, de l'assainissement et de l'hygiène et la malnutrition infantile. En outre, le niveau de bien-être est positivement corrélé aux scores HAZ, WHZ et WAZ. Ce qui suggère que plus le ménage est riche plus il a accès à de meilleures conditions d'hygiène et d'assainissement et à

une bonne alimentation. Brown et al. (2020) ont également identifié le niveau de richesse comme facteur atténuant l'insuffisance pondérale et l'émaciation.

Figure 2. Influence des caractéristiques du ménage sur leur état nutritionnel



Source : Auteurs.

CONCLUSION ET IMPLICATIONS DE POLITIQUES PUBLIQUES

Au Togo, le changement climatique affecte la sécurité alimentaire et nutritionnelle à travers ses effets sur la production agricole, l'instabilité des prix et la santé humaine. Cette recherche utilise les données de l'enquête MICS 6 de 2017 afin d'analyser les relations entre l'état nutritionnel des enfants de moins de cinq ans et les chocs météorologiques. Un accent particulier est mis sur les chocs météorologiques qui se sont produits pendant les saisons des pluies dans le lieu de résidence de l'enfant. Les résultats montrent que les effets des chocs météorologiques sur les résultats nutritionnels des enfants dépendent généralement du stade de croissance de l'enfant. L'effet des chocs climatiques est plus prononcé sur la santé nutritionnelle des enfants plus jeunes (0 à 24 mois) qui sont les plus susceptibles de souffrir de la malnutrition. Les périodes de sécheresse, de précipitations extrêmes ou légèrement

plus élevées, de très faibles températures, de faibles niveaux d'insolation et les périodes de vents forts détériorent l'état nutritionnel des enfants de 0 à 24 mois d'âge. La détérioration de la santé nutritionnelle de ces enfants peut avoir des conséquences importantes sur la mortalité infantile, la diminution de leurs résultats physiques, cognitifs et éducatifs, leur exposition à des problèmes de santé tout au long de la vie et la diminution de leurs capacités. L'âge de 0-24 mois, y compris la période de la grossesse, correspond à la période au cours de laquelle le ralentissement de la croissance se produit principalement. Il est donc important de pouvoir prévenir la malnutrition à cet âge. Il serait bon que les acteurs publics intensifient les investissements pour l'amélioration de la santé de la mère et des enfants de moins de deux ans d'âge. Des aides en nature ou financières à la nutrition pourraient être octroyées à la suite d'événements climatiques extrêmes spécifiquement ciblées sur les ménages pauvres ayant des enfants dans cette tranche d'âge.

Les résultats montrent aussi que la malnutrition aiguë peut persister pendant de longues périodes chez les enfants de moins de cinq ans s'ils font face à des chocs récurrents de précipitation (forte précipitation et sécheresse), même après une guérison initiale. De même, le retard de croissance, au lieu d'être un état chronique, peut être éliminé avec une nutrition adéquate ou être exacerbé après un facteur de stress aigu. Ces résultats laissent supposer les conséquences des chocs de précipitations sur la santé nutritionnelle des enfants de moins de cinq ans. Dans la mesure où le changement climatique continue d'avoir des impacts à long terme sur le niveau des précipitations moyens, qui sont des facteurs atténuants, les acteurs publics doivent intensifier les investissements dans l'amélioration du couvert végétal, le développement des pratiques agricoles durables, dans la recherche et développement dans la sélection et la culture des semences adaptées aux régimes locaux de précipitation et de température à long terme. Des investissements doivent également être intensifiés dans le développement et la valorisation des produits forestiers non ligneux qui participent à la préservation des écosystèmes et à l'amélioration de la sécurité alimentaire.

Le niveau d'instruction de la mère étant l'un des facteurs susceptibles d'atténuer les effets négatifs des chocs climatiques sur les résultats nutritionnels des enfants, il serait judicieux que les programmes scolaires visent directement à l'amélioration des connaissances sanitaires et nutritionnelles des futures mères. De manière plus générale, les résultats montrent que le taux brut de scolarité au primaire dans la région de résidence de l'enfant est susceptible d'atténuer les effets négatifs des chocs climatiques sur l'état nutritionnel des enfants de moins de cinq ans. Les pouvoirs publics doivent poursuivre et intensifier les actions en faveur de l'éducation universelle primaire et secondaire pour tous avec un accent sur des connaissances liées à la nutrition et à l'adaptation au changement climatique.

L'autre variable socioéconomique sur laquelle l'accent mérite d'être mis afin d'atténuer les effets négatifs du changement climatique sur la nutrition infantile est l'amélioration des conditions de vie des ménages. Des programmes ciblés d'autonomisation des femmes et des pauvres doivent être poursuivis et renforcés. De manière générale, une amélioration des conditions de vie des ménages implique de meilleures conditions de logement, d'hygiène et d'accès à l'eau potable.

Cette recherche contribue à améliorer l'état des connaissances au Togo sur les liens entre le climat et la nutrition des enfants. Elle contribue également à enrichir la littérature sur les avantages potentiels associés à l'éducation maternelle et à l'amélioration du bien-être des ménages pour lutter contre la malnutrition infantile. Toutefois, cette analyse n'intègre que trois facteurs géographiques du fait du manque de désagrégation de plusieurs indicateurs au niveau régional et local. La

prise en compte d'un éventail plus large de variables de l'environnement géographique des ménages – notamment l'indice normalisé de différence de végétation (NDVI), la couverture des terres nues et la production des cultures agricoles de base par habitant – pourrait améliorer les résultats de l'analyse. Cette voie peut être un axe de recherche futur. D'autres axes de recherches peuvent être envisagés en parallèle comme l'analyse de l'effet du changement climatique sur la nutrition infantile en fonction du niveau d'instruction et du type de revenu (agriculture ou non) du ménage.

REFERENCES

- Ahdoot, S., Pacheco, S. E.**, 2015. Global Climate Change and Children's Health, *American Academy of Pediatrics*, 136, 5, 1468-1484.
- Akresh, R., Verwimp, P., Bundervoet, T.**, 2011. Civil war, crop failure, and child stunting in Rwanda, *Economic Development and Cultural Change*, 59, 4, 777-810.
- Alderman, H., Headey, D. D.**, 2017. How Important is Parental Education for Child Nutrition? *World Development*, 94, 448-464.
- Ali, S., Liu, Y., Ishaq, M., Shah, T., Ilyas, A., Din, I. U.**, 2017. Climate change and its impact on the yield of major food crops : Evidence from Pakistan, *Foods*, 6, 6, 39.
- Arndt, C., Hussain, M. A., Salvucci, V., Østerdal, L. P.**, 2016. Effects of food price shocks on child malnutrition : The Mozambican experience 2008/2009, *Economics & Human Biology*, 22, 1-13.
- Balaka, M. M., Yovo, K., Egbendewe, A.**, 2021. Spatio-Temporal Dynamics of Climatic Parameters in Togo, *Journal of Agricultural Economics and Rural Development*, 7, 1, 978-996.
- Basu, R., Malig, B., Ostro, B.**, 2010. High Ambient Temperature and the Risk of Preterm Delivery, *American Journal of Epidemiology*, 172, 10, 1108-1117.
- Beguería, S., Vicente-Serrano, S. M., Reig, F., Latorre, B.**, 2014. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited : Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring, *International Journal of Climatology*, 34, 10, 3001-3023.
- Black, R. E., Victora, C. G., Walker, S. P., Bhutta, Z. A., Christian, P., de Onis, M., Ezzati, M., Grantham-McGregor, S., Katz, J., Martorell, R., Uauy, R.**, 2013. Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries, *The Lancet*, 382, 9890, 427-451.
- Blom, S., Ortiz-Bobea, A., Hoddinott, J.**, 2019. Heat Exposure and Children's Nutrition : Evidence from West Africa. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3476397>
- Brown, M. E., Backer, D., Billing, T., White, P., Grace, K., Doocy, S., Huth, P.**, 2020. Empirical studies of factors associated with child malnutrition: Highlighting the evidence about climate and conflict shocks, *Food Security*, 1-12.
- Brown, M. E., Carr, E. R., Grace, K. L., Wiebe, K., Funk, C. C., Attavanich, W., Backlund, P., Buja, L.**, 2017. Do markets and trade help or hurt the global food system adapt to climate change? *Food policy*, 68, 154-159.
- Brown, M. E., Kshirsagar, V.**, 2015. Weather and international price shocks on food prices in the developing world, *Global Environmental Change*, 35, 31-40.
- Cooper, M. W., Brown, M. E., Azzarri, C., Meinzen-Dick, R.**, 2019b. Hunger, nutrition, and precipitation : Evidence from Ghana and Bangladesh, *Population and Environment*, 41, 2, 151-208.
- Cooper, M. W., Brown, M. E., Hochrainer-Stigler, S., Pflug, G., McCallum, I., Fritz, S., Silva, J., Zvoleff, A.**, 2019a. Mapping the effects of drought on child stunting, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, 35, 17219-17224.
- Daelmans, B., Darmstadt, G. L., Lombardi, J., Black, M. M., Britto, P. R., Lye, S., Dua, T., Bhutta, Z. A., Richter, L. M.**, 2017. Early childhood development : The foundation of sustainable development, *The Lancet*, 389, 10064, 9-11.
- Danysh, H. E., Gilman, R. H., Wells, J. C., Pan, W. K., Zaitchik, B., González, G., Alvarez, M., Checkley, W.**, 2014. El Niño adversely affected childhood stature and lean mass in northern Peru., *Climate Change Responses*, 1, 1, 7.
- Davenport, F., Grace, K., Funk, C., Shukla, S.**, 2017. Child health outcomes in sub-Saharan Africa : A comparison of changes in climate and socio-economic factors, *Global Environmental Change*, 46, 72-87.

- Godoy Herz, M. A., Kubaczka, M. G., Brzyżek, G., Servi, L., Krzyszton, M., Simpson, C., Brown, J., Swiezewski, S., Petrillo, E., Kornbliht, A. R.**, 2019, Light Regulates Plant Alternative Splicing through the Control of Transcriptional Elongation, *Molecular Cell*, 73, 5, 1066-1074.
- Grace, K., Davenport, F., Funk, C., Lerner, A. M.**, 2012, Child malnutrition and climate in Sub-Saharan Africa : An analysis of recent trends in Kenya, *Applied Geography*, 35, 1-2, 405-413.
- Grace, K., Davenport, F., Hanson, H., Funk, C., Shukla, S.**, 2015, Linking climate change and health outcomes : Examining the relationship between temperature, precipitation and birth weight in Africa, *Global Environmental Change*, 35, 125-137.
- Grantham-McGregor, S., Cheung, Y. B., Cueto, S., Glewwe, P., Richter, L., Strupp, B.**, 2007, Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries, *The Lancet*, 369, 9555, 60-70.
- Haile, B., Azzarri, C., Heady, D., You, L.**, 2018, Climate, climate shocks and child nutrition in Africa's diverse farming systems. 30th International Conference of Agricultural Economics, Vancouver.
- Hanna, R., Oliva, P.**, 2016, Implications of climate change for children in developing countries, *The Future of Children*, 26, 1, 115-132.
- Headey, D. D., Hoddinott, J.**, 2015, Understanding the Rapid Reduction of Undernutrition in Nepal, 2001–2011. *PLOS ONE*, 10, 12.
- Hoddinott, J., Kinsey, B.**, 2001, Child growth in the time of drought, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 63, 4, 409-436.
- Hoddinott, J., Maluccio, J. A., Behrman, J. R., Flores, R., Martorell, R.**, 2008, Effect of a nutrition intervention during early childhood on economic productivity in Guatemalan adults, *The Lancet*, 371, 9610, 411-416.
- INSEED**, 2014, Enquête démographique et de santé, p. 529.
- INSEED**, 2017, Enquête par grappes à indicateurs multiples-MICS 6, p. 629.
- Johnson, K., Brown, M. E.**, 2014, Environmental risk factors and child nutritional status and survival in a context of climate variability and change, *Applied Geography*, 54, 209-221.
- López-Carr, D., Mwenda, K. M., Pricope, N. G., Kyriakidis, P. C., Jankowska, M. M., Weeks, J., Funk, C., Husak, G., Michaelsen, J.**, 2016, Climate-Related Child Undernutrition in the Lake Victoria Basin : An Integrated Spatial Analysis of Health Surveys, NDVI, and Precipitation Data, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9, 6, 2830-2835.
- Rayco-Solon, P., Fulford, A. J., Prentice, A. M.**, 2005, Differential effects of seasonality on preterm birth and intrauterine growth restriction in rural Africans, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 1, 134-139.
- Rodriguez-Llanes, J. M., Ranjan-Dash, S., Mukhopadhyay, A., Guha-Sapir, D.**, 2016, Flood-exposure is associated with higher prevalence of child Undernutrition in rural Eastern India, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13, 2, 210.
- Shively, G. E.**, 2017, Infrastructure mitigates the sensitivity of child growth to local agriculture and rainfall in Nepal and Uganda, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114, 5, 903-908.
- Skoufias, E., Vinha, K.**, 2012, Climate variability and child height in rural Mexico, *Economics & Human Biology*, 10, 1, 54-73.
- Solow, R. M.**, 1956, A Contribution to the Theory of Economic Growth, *The Quarterly Journal of Economics*, 70, 1, 65.
- Springmann, M., Mason-D'Croz, D., Robinson, S., Garnett, T., Godfray, H. C. J., Gollin, D., Rayner, M., Ballon, P., Scarborough, P.**, 2016, Global and regional health effects of future food production under climate change : A modelling study, *The Lancet*, 387, 10031, 1937-1946.
- Stobaugh, H. C., Rogers, B. L., Rosenberg, I. H., Webb, P., Maleta, K. M., Manary, M. J., Trehan, I.**, 2018, Children with Poor Linear Growth Are at Risk for Repeated Relapse to Wasting after Recovery from Moderate Acute Malnutrition, *The Journal of Nutrition*, 148, 6, 974-979.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M. M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P. M.**, 2014, *Climate Change 2013 : The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press.
- Tesfu, S. T.**, 2016, The effect of early childhood malnutrition on child labor and schooling in rural Ethiopia, *The Journal of Developing Areas*, 50, 2, 185-211.

- Thornton, P. K.**, 2012, Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate.
- Victora, C. G., de Onis, M., Hallal, P. C., Blossner, M., Shrimpton, R.**, 2010, Worldwide Timing of Growth Faltering : Revisiting Implications for Interventions, *Pediatrics*, 125, 3, 473-480.
- Wheeler, T., von Braun, J.**, 2013, Climate change impacts on global food security, *Science*, 341, 6145, 508-513.
- Zhang, P., Zhang, J., Chen, M.**, 2017, Economic impacts of climate change on agriculture : The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation, *Journal of Environmental Economics and Management*, 83, 8-31.

ANNEXE

Tableau 5. Variance Inflation Factor(VIF) de quelques variables

Variables	VIF	1/VIF
Quintiles de bien-être (plus pauvre)		
2	1.90	0.526992
3	3.25	0.307713
4	4.20	0.236122
5	4.46	0.228870
Source d'eau de boisson (eau de robinet)		
2	1.71	0.586139
3	1.29	0.776918
4	1.05	0.950110
5	1.77	0.563803
6	1.23	0.810200
Chocs climatiques		
Temps pluvieux	1.97	0.507608
Sécheresses	4.46	0.224440
Temps chaud	2.59	0.385363
Temps froid	2.39	0.418687
Temps de forte insolation (ensoleillé)	4.44	0.225400
Temps de faible insolation (nuageux)	2.18	0.458392
Vent fort	3.25	0.307713

Source : Auteurs.

Climate change and child nutrition in Togo

Abstract - While it is recognized that climate change tends to affect food security in general, little is known about the extent of this effect on child nutrition. This article analyzes the effects of weather shocks on the nutrition of young children in Togo. The nutrition indicators used are "height-for-age", "weight-for-height" and "weight-for-age" z-scores. Using data from the 2017 MICS 6 survey and a weighted least squares estimate, the results suggest a negative relationship between weather shocks and the nutrition of children aged 0 to 24 months. It also appears that the gross primary school enrollment rate in the region of residence, the level of education of the mother and the living conditions of the household are the most likely to mitigate the effects of climatic shocks on child nutrition.

Key-words

Climate change
Child malnutrition
Z-scores
Togo