

MEMOIRE DE RECHERCHE
MASTER 2 ECONOMIE APPLIQUEE



Responsable Master: **Mme Ludivine ROUSSEY**

Maître de conférence en Sciences Economiques à l'Université Paris Cité

Sujet

CONDITIONS CLIMATIQUES ET SANTE INFANTILE

*Effets de la température de l'air et de la pluviométrie sur la santé des enfants
de moins de cinq ans au Mali*

Encadré par : **Mme Paola VILLAR**

Maître de conférence en Sciences Economiques à l'Université Paris Cité

Présenté par :

Cheick Abdoul Aziz ATJI

Remerciements

Un grand merci à madame Paola VILLAR pour avoir consacré de son temps à mon encadrement. Ses conseils techniques m'ont été d'une aide précieuse dans la formulation de mon sujet de recherche et mon approche empirique.

Je tiens également à remercier madame Ludivine ROUSSEY pour tous ses conseils et sa patience à notre égard.

Table des matières

1	INTRODUCTION GENERALE	1
1.1	Introduction & Problématique	1
1.2	Motivation	2
1.3	Hypothèses de l'étude	3
1.3.1	Hypothèse 1 : Les conditions climatiques affectent directement la santé infantile	3
1.3.2	Hypothèse 2 : Les conditions climatiques affectent la santé infantile via des canaux de transmissions (variations de prix et revenus)	4
1.4	Contexte Mali : Environnement climatique et socioéconomique	5
1.5	Données de l'étude	6
2	Partie 1 : Effets directs des conditions climatiques sur la santé des enfants	8
2.1	Définition des indicateurs anthropométriques.....	8
2.2	Variables explicatives et modèles économétriques.....	11
2.3	Résultats des estimations et Analyses.....	12
2.4	Conclusion partielle	16
3	Partie 2: Autres canaux de transmission (variation des prix à la consommation)	17
3.1	Prix à la consommation des céréales	17
3.2	Statistiques sur les achats parentaux de produits alimentaires pour les enfants.....	18
3.3	Résultats des estimations et Analyses.....	19
3.4	Conclusion partielle	20
4	Conclusion générale, limites & politiques publiques	21
5	Bibliographie	22
6	Annexes	24
6.1	Annexe 1 : Evolution de la Pluviométrie et température au Mali entre 1980 et 2017	24

1 INTRODUCTION GENERALE

1.1 Introduction & Problématique

Le changement climatique demeure à ce jour le plus grand problème et défi auquel fait face l'humanité. Les conséquences météorologiques tels que les canicules, les fortes précipitations, les épisodes de sécheresses qui en résultent, causent des impacts irréversibles à la fois sur l'écosystème animal et végétal et celui des populations.

La synthèse du rapport du **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC 2022)** fait mention de 3,3 à 3,6 milliards d'humains vivant dans des conditions de forte vulnérabilité au réchauffement climatique et exposés à l'insécurité alimentaire, à un stress hydrique crucial et à une dégradation progressive de la santé mentale et physique. Plus alarmant encore, les enfants constituent la couche la plus exposée de cette population. Contrairement aux adultes qui peuvent montrer une certaine résilience aux conditions et chocs climatiques, les enfants quant à eux subissent les effets négatifs de celles-ci. Le rapport 2021 de l'UNICEF sur **l'indice des risques climatiques pour les enfants** fait état de 2 milliards d'enfants fortement exposés à une pollution atmosphérique, 820 millions à des vagues de chaleur et 920 millions à des pénuries d'eau. Une situation qui est d'autant alarmante dans les régions subsahariennes d'Afrique à l'instar du Mali où elle provoque inéluctablement des déséquilibres nutritionnels chez les moins de cinq ans conduisant à des niveaux de morbidité et mortalité infantile élevés.

Le fait d'accorder une attention particulière aux effets des conditions climatiques sur la santé infantile notamment celle des enfants de moins de cinq ans dans les pays à faibles revenus et dépendants de l'agriculture peut révéler (3) grands enjeux majeurs. Le premier concerne **les investissements parentaux** dans l'éducation et la santé des enfants au sein des ménages pauvres en période de soudure et de chocs de revenus. En effet, une sensibilisation des parents sur la forte vulnérabilité de leurs enfants aux conditions climatiques et des conséquences irréversibles à moyen et long terme qui peuvent en résulter peut induire des changements de comportements en termes de lissage de revenus et consommation en faveur de ces enfants. Le deuxième concerne **les programmes publics** en faveur de l'agriculture et des populations les plus défavorisées afin de garantir une alimentation nutritionnelle saine et équilibrée pour les enfants. Pour l'agriculture, l'enjeu serait de mettre en place ou renforcer s'il existe déjà un mécanisme pouvant amortir les chocs de prix et revenus agricoles. L'exemple de la **CAISTAB**¹

¹ La Caisse de stabilisation et de soutien des prix des productions agricoles
https://fr.wikipedia.org/wiki/Caisse_de_stabilisation

en République de Côte d'Ivoire est très illustratif. Ce mécanisme a joué un rôle crucial dans l'économie ivoirienne surtout pour les cultivateurs de la filière café/cacao par la stabilisation des cours des produits tout en assurant un revenu minimal aux paysans en période de choc. Pour les populations défavorisées, il s'agirait plus de mettre en place des dispositifs d'aide d'urgence comme il en existe dans la plupart des pays développés ou émergents et renforcer les infrastructures de distribution d'eau courante (Jalan et Ravallion 2003). Enfin, le dernier est d'**ordre scientifique**, ce qui reviendrait à investir davantage dans la recherche pour créer des espèces de cultures qui s'adaptent aux conditions climatiques.

Dans ce mémoire, nous conduisons une étude empirique qui teste deux principales hypothèses concernant les effets des conditions climatiques sur la santé infantile. Ces hypothèses proviennent de notre lecture sur la littérature climat et santé infantile. La première hypothèse met en avant **des effets directs** du climat sur la santé infantile (Prashant Bharadwaj et al. 2019, J.P. Besancenot, M. Boko et al. 1997) et la seconde **des effets indirects** via des canaux de transmission tels que les chocs dans les revenus des ménages et prix agricoles (Villar Paola et Rossi Pauline 2020, Nicolas Berman, Lorenzo Rotunno et al. 2020, Isabelle Chort, Marazyan Karine et al. 2021).

Nous cherchons donc à savoir comment les conditions climatiques comme la température de l'air et la pluviométrie affectent l'état de santé nutritionnelle et la mortalité chez les enfants de moins de cinq ans dans les pays à faible revenus ?

Ce mémoire est organisé comme suite : dans la partie introduction générale, nous passons en revue les littératures sur nos deux principales hypothèses, présentons le contexte d'étude et la justification de son choix et les données que nous utilisons pour conduire notre étude empirique. Dans la partie 1, nous présentons notre stratégie empirique c'est-à-dire le choix des modèles et variables et testons notre hypothèse 1. Dans la partie 2, nous en faisons de même avec l'hypothèse 2. Et enfin nous concluons avec des recommandations de politiques publiques.

1.2 Motivation

Le sujet de recherche a été motivé par l'intérêt que nous portons aux problématiques sur le changement climatique et ses implications sur la santé des populations. Nous estimons qu'il s'agit d'un problème qui mérite d'être approfondi davantage car les enjeux sont capitaux pour les futures générations. Même s'il existe à notre connaissance des études et rapports publiés par les organismes internationaux, ce mémoire peut apporter des connaissances et informations

complémentaires sur les mécanismes de causes à effets susceptibles d'expliquer le lien climat-santé infantile.

Par ailleurs, travailler sur un tel sujet démontre deux choses. D'une part, que nous possédons des compétences techniques à mobiliser et mettre en valeur de gros volumes de données de santé. Et d'autre part, Montrer que nous sommes capables au terme de ce master d'économie appliquée d'utiliser les concepts théoriques et méthodes empiriques appris en cours et les appliquer à des contextes réels.

1.3 Hypothèses de l'étude

1.3.1 Hypothèse 1 : Les conditions climatiques affectent directement la santé infantile

La période couvrant la naissance au cinquième anniversaire est déterminante dans la vie adulte de tout individu. Ces premiers instants de la vie traduisent également la période de forte sensibilité et vulnérabilité aux facteurs environnementaux et des conséquences ultérieures qui peuvent en résulter tant sur le plan de la santé que l'éducation (Prashant Bharadwaj, Katrine Vellesen et al. (2013), Zhonglu Li et Zeqi Qiu (2018).

Les faits stylisés mentionnés plus haut montrent que le climat peut agir directement sur la santé infantile. Durant les périodes de sécheresse, l'assèchement des sources d'eau comme les puits ou nappes expose les enfants aux maladies diarrhéiques tel que le choléra, ce qui leur occasionne d'importantes déshydratations et pertes de leur masse corporelle. Jalan et Ravallion (2003) montrent dans le contexte de l'Inde rural que la prévalence de la diarrhée chez les enfants de moins de cinq ans vivant dans les ménages n'ayant pas accès à l'eau courante (eau potable proprement parlant) est l'un des principaux facteurs responsables des décès dans ce groupe. Hoddinott et Kinsey (2001) trouvent des effets négatifs et significatifs de l'impact des chocs pluviométriques (périodes de sécheresse) sur la croissance en taille des enfants âgés de 1 à 2 ans au Zimbabwe. En outre, leurs résultats montrent une perte de croissance de 1.5 à 2 cm après un épisode de sécheresse. Les résultats de Kumar, Vollmer et al. (2016) sur les effets de l'exposition à la sécheresse in utero ou à la naissance montrent une baisse statistiquement significative du z-score poids/âge de 0.1 fois l'écart-type, ce qui traduit une probabilité accrue d'être en insuffisance pondérale (être en dessous du poids normale).

De même, l'exposition à certaines particules présentes dans l'air occasionne des infections ou insuffisances respiratoires chez les enfants de moins de cinq ans et peut entraîner des effets irréversibles à long terme sur leur développement physique et cognitif. Ces effets sont plus

significatifs chez les nourrissons dont la survie se trouve négativement impactée (Besancenot et al 1997). Prashant Bharadwaj et al. 2019 montrent à travers un panel de 12 pays d'Afrique de l'ouest que l'exposition aux particules présentes dans les vents de l'harmattan dans la période in utero affecte la survie moyenne des nourrissons qui baisse de 6.45 points de pourcentage. Ces littératures viennent donc en appui à l'hypothèse d'effets directs du climat sur la santé infantile.

1.3.2 Hypothèse 2 : Les conditions climatiques affectent la santé infantile via des canaux de transmissions (variations de prix et revenus)

Il s'agit de l'argument le plus traité et développé dans la plupart des littératures empiriques sur le lien entre climat et santé infantile. Ces littératures ont beaucoup mis en évidence des mécanismes indirects par lesquels les conditions et chocs climatiques affectent l'état de santé des enfants notamment dans les pays à faibles revenus où une grande partie des ménages survie grâce aux activités agricoles. Le mécanisme mis en évidence dans ces littératures est le lissage de la consommation et du revenu inter temporels (Christina Paxson 1992; Morduch 1995; Townsend 1995) des ménages durant les périodes de choc tels que : la variation des cours des produits agricoles, les longs épisodes de sécheresse (Famine 1984 en Ethiopie), les inondations durant les pluies diluviennes.

Ces évènements poussent les ménages à adopter des comportements qui ont des impacts positifs comme négatifs sur la santé et l'éducation des plus jeunes enfants, selon le statut socioéconomique. Maccini et Yang (2009) trouvent dans le contexte indonésien qu'une augmentation de 20% de la pluviométrie par rapport à la normale durant la naissance conduit à une amélioration de la santé, la scolarisation et le statut socioéconomique des femmes. Elles atteignent une taille supérieure de 0.57 centimètre et ont plus de chances de réaliser des années supplémentaires de scolarisation. Outre, ces effets climatiques créent également d'énormes inégalités au sein des ménages entre les enfants d'une même fratrie. Une étude de Berman et al. (2020) sur un panel de 52 pays à faibles revenus montre que les variations de revenus des parents dues aux chocs saisonniers entraînent des inégalités de santé entre leurs enfants. Ainsi, les enfants nés durant les bonnes périodes reçoivent plus d'investissements en santé et éducation que leurs paires nées en période de chocs négatifs (Lohman et Lechtenfeld 2015). De même, Chort et al (2021) trouvent dans le contexte de la Turquie que les chocs de revenus et du prix de la dote pour les mariées par le biais de la variation de la production agricole impactent la prévalence des mariages précoces. En effet, les résultats de leur étude montrent que les filles

qui vivent dans les provinces où la pratique de la dote est élevée et exposées à des chocs négatifs de revenus ont 28% de chances de plus que les autres d'être mariées avant l'âge de 15 ans.

D'autres canaux pas en lien avec les conditions climatiques sont aussi à l'origine des problèmes de santé chez les enfants de moins de cinq ans. Il s'agit de l'insuffisance ou la quasi inexistence d'infrastructures hydrauliques et services sanitaires (Jalan et Ravallion 2003; Galiani et al. 2005; Björkman et Svensson 2010; Bhushan et al. 2007), le non recours ou manque d'accès à certaines solutions médicales simples (Banerjee et Duflo 2011) mais que nous aborderons très partiellement dans la suite de ce mémoire de recherche.

1.4 Contexte Mali : Environnement climatique et socioéconomique

Le choix du Mali s'explique par sa position géographique par rapport au Sahara et son environnement économique, social et culturel.

A l'instar de certains pays sahéliens comme le Niger, sa position l'expose aux vents désertiques directs provenant du Sahara et lui confère un climat tropical sec caractérisé par une période humide courte de 4 à 3 mois et une longue période sèche de 6 à 9 mois. Les 2/3 du territoire sont constitués de zones désertiques (arides et semi-arides) et le pays a connu en moins de 40 ans (entre 1980 et 2014) 15 inondations (Agence Nationale de la Météorologie du Mali), ce qui en fait un pays très instable en termes de variabilités climatiques. Toutefois, l'évolution de sa pluviométrie et sa température sur les 3 dernières décennies montre une tendance constante et hétérogène au niveau de toutes ses régions avec quelques légers pics ([Annexe 1](#)). Les régions où la pluviométrie est très faible (proche de zéro) représentent la partie nord désertique du Pays et les autres régions se situent plus au Sud. A l'inverse, on trouve des températures de l'air très élevées dans les régions du nord par rapport à celles du sud. De même, ces régions nordiques sont plus exposées aux vents du Sahara et l'harmattan.

Au niveau économique, la production malienne repose essentiellement sur l'agriculture, l'élevage et la pêche qui occupent 80% de sa population active (Agence National de météorologie du Mali). Sa croissance économique est tirée par la production de coton dont il est le plus grand exportateur dans la zone subsaharienne. Par ailleurs, le pays est classé huitième des pays les plus sensibles aux risques climatiques (Groupe Banque Africaine de Développement). En 2021, le manque de précipitations a entraîné une baisse de 10,5% de la production céréalière et causé la perte de 225,000 hectares de cultures, affectant 3 millions de maliens (Groupe Banque Africaine de Développement). Etant donné que sa population (20.855.724 habitants) a un régime alimentaire principalement composé de céréales, ces

facteurs risques climatiques l'exposent à une insécurité alimentaire et nutritionnelle accrue. Un problème dont les impacts seraient plus inquiétants pour les enfants de zéro à 5 ans.

Au plan social et culturel, la langue dominante est le Bambara et la majorité de la population pratique l'Islam. Le pays présente un indice de développement humain très faible, 0.434 en 2019. La classification IPC 2021 (cadre intégré de classification de la sécurité alimentaire) de la FAO estime le nombre d'enfants de 6-59 mois souffrant de malnutrition aigüe à 1,216,892 dont 309,824 présentent des symptômes de malnutrition aigüe sévère (MAS). Le rapport fait également état de 35,343 femmes enceintes souffrant aussi de malnutrition aigüe, ce qui met en danger le développement correct du fœtus et crée des problèmes de santé aux nourrissons.

Compte tenu de ces conditions climatiques et de la forte vulnérabilité de sa population, le Mali a fait de la résilience climatique l'un de ses axes de travail dans son cadre stratégique pour la relance économique et le développement durable pour les anticiper.

1.5 Données de l'étude

Nos données sont collectées sur la santé des moins de cinq ans, la température de l'air, la pluviométrie et les épisodes de sécheresse. La première relative aux informations de santé sur les enfants a été obtenue dans la banque de données des enquêtes démographiques et de santé (Demographic and Health Surveys : DHS <https://dhsprogram.com/>) sur 5 vagues d'enquêtes (1996, 2001, 2006, 2012 et 2018) pour le Mali. Il s'agit d'enquêtes représentatives de la population, menées conjointement entre l'organisme USAID principal financeur du programme et l'Institut Nationale de la Statistique du Mali. Elles fournissent des informations sur l'état de santé générale de la population et plus particulièrement sur la santé des femmes et leurs enfants. La **Figure 1** montre la taille de notre échantillon de données sur les moins de 5 ans par sexe et vague de DHS.

Les données de santé et nutrition sur les enfants sont extraites du questionnaire « *Children's recode* » auquel nous importons certaines informations relatives au ménage « *Household's recode* » d'appartenance de l'individu. Ces données nous permettront de construire nos 3 indicateurs anthropométriques (Tailles/âges, Poids/âges et Poids/tailles) qui nous serviront de variables de résultats (*outcomes*) dans nos différentes régressions.

Les données sur la température de l'air, les épisodes de sécheresse et la pluviométrie proviennent de deux sources. La première qui est un outil du programme DHS s'appelle répertoire de données géographiques (*Spatial Data Repository* : <https://spatialdata.dhsprogram/covariates/>).

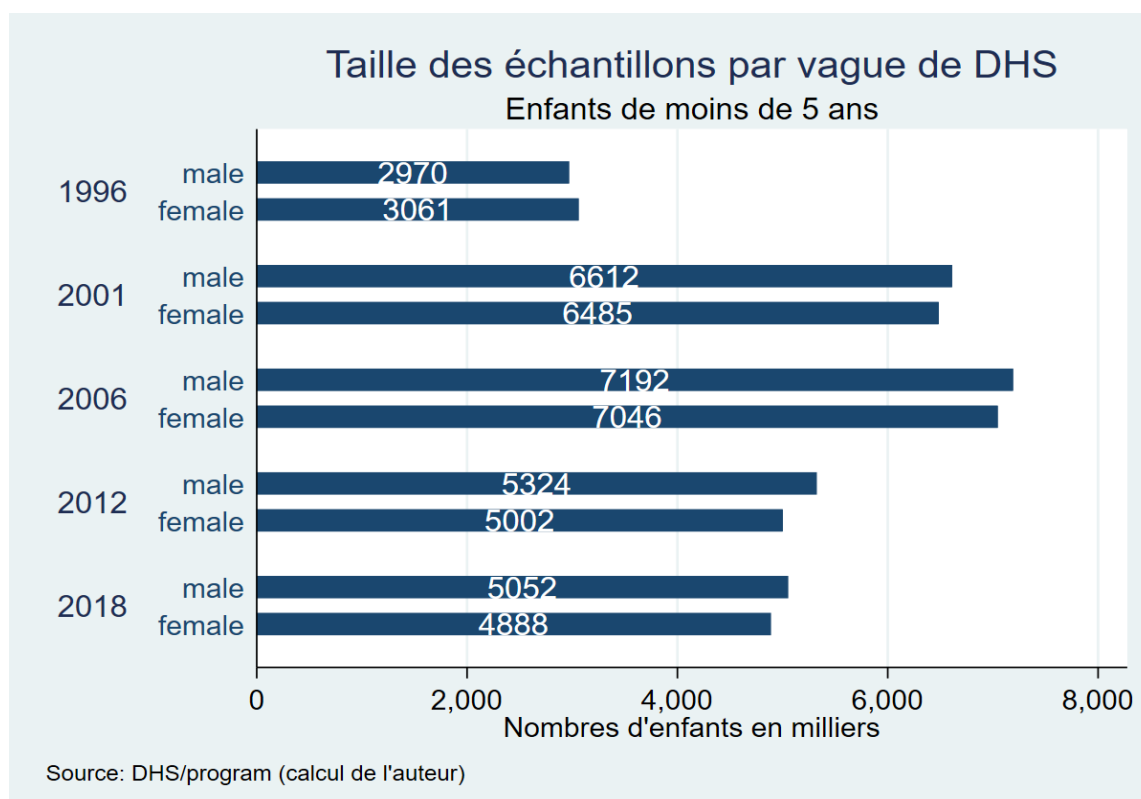


Figure 1 : Tailles des échantillons par vague de DHS, (calcul de l'auteur)

Ce répertoire fournit des informations météorologiques au niveau des clusters de chaque vague de DHS. Il nous permettra d'établir des statistiques et tendances temporelles sur les proportions d'enfants touchées par les épisodes de sécheresse. La seconde est une plateforme de requête de données en ligne élaborée par un laboratoire de recherche et d'innovation (**AIDDATA : <https://www.aiddata.org/>**) situé au Collège William & Mary (Virginie, USA). AIDDATA utilise des informations issues d'images satellitaires de la NASA qu'il convertit en données exploitables (structurées) pour les utilisateurs. Ce dernier outil nous permettra d'avoir les données de températures de l'air et pluviométrie au niveau des 9 régions et 50 cercles du Mali, que nous utiliserons pour nos régressions.

2 Partie 1 : Effets directs des conditions climatiques sur la santé des enfants

2.1 Définition des indicateurs anthropométriques

L'anthropométrie est l'étude et la technique de mesure du corps humain. Elle est utilisée pour mesurer et suivre l'état nutritionnel d'un individu ou d'un groupe de population (UNHCR 2018). Les indicateurs anthropométriques sont généralement mesurés en Z-scores (écarts par rapport à la médiane) pour faciliter les comparaisons entre groupes d'individus et identifier les individus qui s'écartent des valeurs normales. La formule du Z-score est la suivante :

$$Z - score_{indicateur} = \frac{\text{Valeur indicateur pour l'individu} - \text{valeur médiane}}{\text{écart} - \text{type}}$$

Dans notre étude, nous utilisons les 3 indicateurs standards que sont :

→ Le rapport Poids/Âges (kg) : (PAZ)

Cet indicateur nutritionnel est utilisé pour mesurer la surcharge pondérale (surpoids) et l'insuffisance pondérale (sous poids) chez l'individu. On parle encore de malnutrition générale. La sévérité de l'insuffisance pondérale est donnée par les valeurs dans le tableau suivant (UNHCR 2018):

Catégories d'insuffisance pondérale	Z-scores (standards de croissance OMS 2006)
Insuffisance pondérale globale	<-2 z-scores
Insuffisance pondérale modérée	<-2 z-scores et ≥ -3 z-scores
Insuffisance pondérale sévère	< -3 z-scores

Inversement, si le z-score de cet indicateur est supérieur à 2, il s'agit d'un cas de surpoids (surcharge pondérale).

→ Le rapport Taille/Âges (cm) : (TAZ)

Cet indicateur nutritionnel est utilisé pour mesurer la prévalence du retard de croissance chez l'individu (UNHCR 2018). Ce retard de croissance est également connu sous le nom de **malnutrition chronique** et dont les niveaux de sévérité sont classés comme suite :

Catégories de retard de croissance	Z-scores (standards de croissance OMS 2006)
Retard de croissance globale	<-2 z-scores
Retard de croissance modérée	<-2 z-scores et \geq -3 z-scores
Retard de croissance sévère	< -3 z-scores

→ **Le rapport Poids/Tailles (kg/cm) : (PTZ)**

Ce dernier indicateur est utilisé pour mesurer la prévalence de malnutrition aiguë (émaciation) et surcharge pondérale. Les niveaux de valeurs pour cet indicateur sont les suivants:

Catégories de surpoids	Z-scores (standards de croissance OMS 2006)
Surpoids global	> 2 z-scores
Surpoids sévère	> 3 z-scores

La **Figure 2** ci-dessous montre la distribution des z-scores de notre échantillon de données.

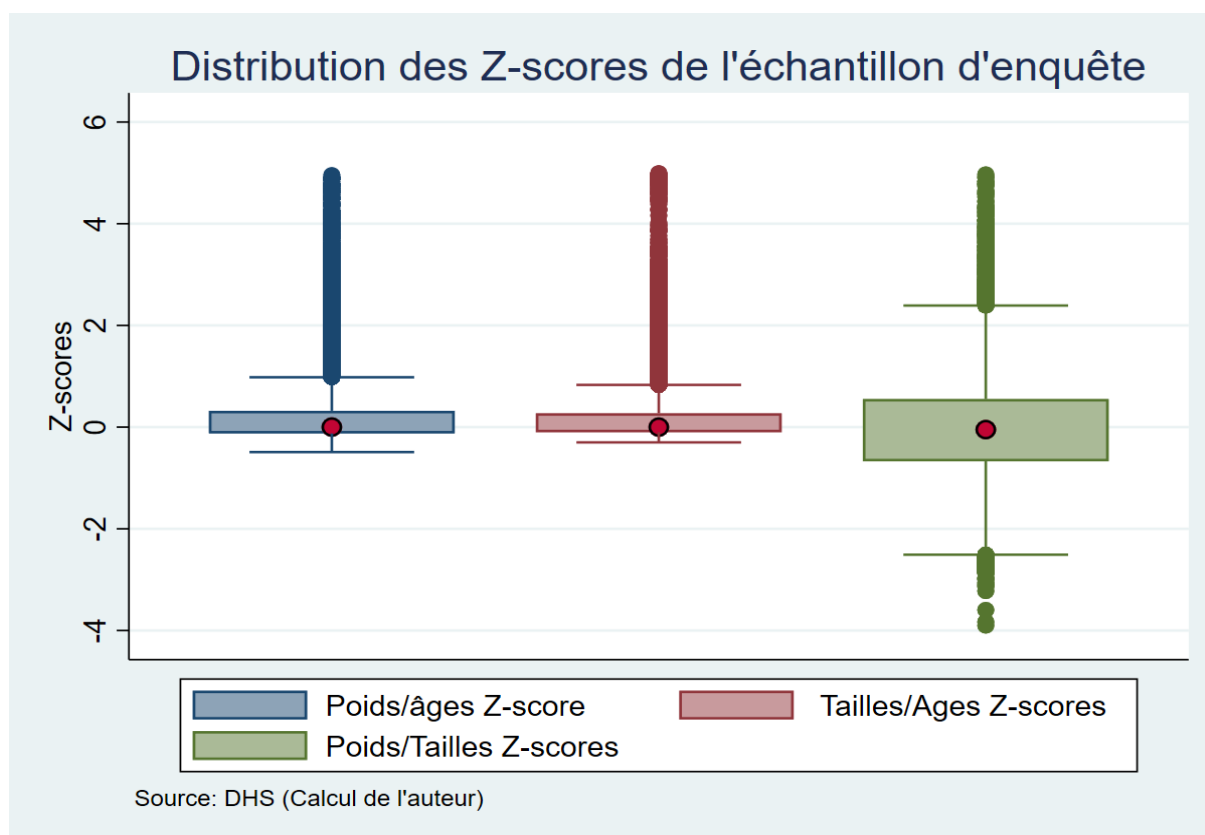


Figure 2 : Z-scores des enfants de moins de 5 ans, (calcul de l'auteur)

Les différents indicateurs montrent une valeur médiane des z-scores égale à 0, ce qui correspond aux standards internationaux établis par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) pour les échantillons représentatifs de la population mère. L'intervalle interquartile (IQR) pour les indicateurs **Poids/âges** et **Tailles/âges** est compris entre les **z-scores -2 et 2** avec une amplitude réduite autour de 0 (valeur de référence internationale, OMS 2006). Pour le rapport Poids/tailles, le maximum et le minimum débordent légèrement les valeurs limites (seuils).

Une analyse plus approfondie par groupes d'âges montre la distribution de chaque indicateur pour les groupes de 0-1 ans, 1-2 ans et 2-5 ans (**Figure 3**). Nous constatons des distributions similaires pour les groupes 1-2 ans et 2-5 ans quel que soit l'indicateur. De plus, les intervalles interquartiles de ces groupes sont compris entre -2 et 2 avec des maximums et minimums qui restent toujours à l'intérieur à l'exception des individus qui s'écartent beaucoup de la distribution (outliers). Il s'agit d'individus souffrant de malnutrition aiguë et chronique très sévère si l'on se réfère aux seuils des indicateurs. A l'inverse, on trouve une distribution différente chez les moins d'un an mais toujours avec des intervalles interquartiles qui restent compris entre -2 et 2. Les enfants ayant des z-scores dépassant les valeurs limites pour les rapports Poids/âges et tailles/âges ne sont pas uniquement des outliers. Ceux qui sont au-delà du 3^{ème} quartile (75 percentile) y font partir également, ce qui indique qu'une proportion importante d'enfants de moins d'un an est touchée par la malnutrition.

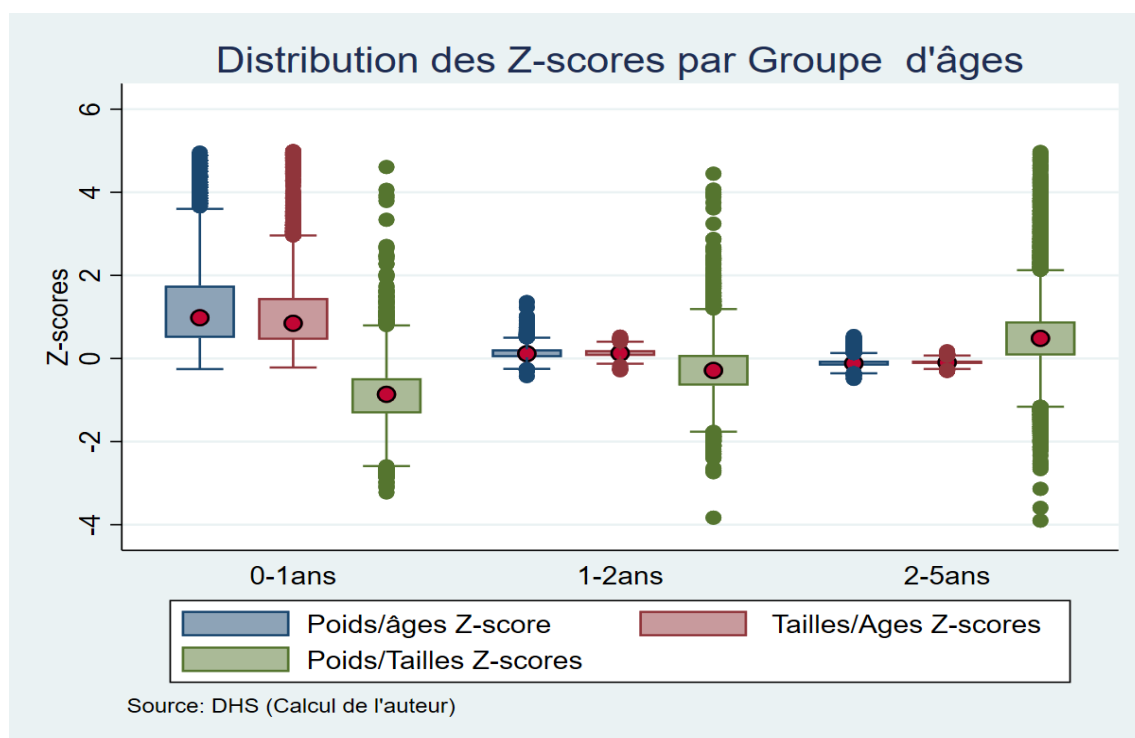


Figure 3 : Distribution des z-scores par groupes d'âges

2.2 Variables explicatives et modèles économétriques

→ **Variables explicatives d'intérêts** : *pluviométrie moyenne mensuelle (millimètres de pluies) et température moyenne de l'air (degrés Celsius)*

Ces deux conditions climatiques constitueront nos variables explicatives principales. Nous les introduirons sous forme de variables retardées en (t-1) et (t-2) dans nos régressions car les effets météorologiques sur la santé sont retardés dans le temps.

En termes de pluviométrie et sur l'ensemble des vagues, la pluviométrie moyenne est de 791,36 millimètres de pluies par an au niveau de toutes les régions du Mali avec une variabilité inter-régionale importante (écart-type=322.25). La maximale s'observe dans la région de Sikasso (1203.30 mm) et la minimale à Tombouctou (68.52 mm). Quant à la température de l'air, nous avons une moyenne de 28,55 C° et une variabilité inter-régionale moins importante (écart type= 0.73). La maximale s'observe à Gao (30.20 C°) et la minimale à Bamako (27,1 C°). Sur la base de la pluviométrie et du niveau d'irrigation nous avons regroupé les régions en trois catégories, de la moins irriguée à la plus irriguée.

→ **Variables de contrôles**

Nous utilisons d'autres variables susceptibles d'avoir des effets sur la santé infantile auxquelles nous ajoutons les effets fixes de vagues. Ces variables sont *le sexe de l'enfant, type de source d'eau, le niveau d'éducation des mères, le niveau de richesse du ménage, les régions*.

Le type de source d'eau est un facteur non négligeable et les faits stylisés mentionnés plus haut (en introduction) montrent que les enfants vivant dans les ménages qui s'approvisionnent dans les puits et rivières sont très vulnérables en période de sécheresse. Sur notre échantillon, 46,23% des enfants vivent dans les ménages qui ont accès uniquement aux puits, 24,29% dans les ménages qui s'approvisionnent auprès des rivières et lac, 19,97% dans les ménages qui utilisent d'autres sources (camion citernes de livraisons et autres) et seulement 9,52% dans les ménages qui possèdent une installation d'eau courante. Il tient également de préciser que la forte proportion de ménages ayant accès aux puits se trouvent en zones rurales comme la majeure partie de la population malienne.

Le niveau d'éducation des mères joue un rôle central dans la santé et l'éducation des enfants de moins de cinq ans. Dans notre échantillon, 83,64% des mères n'ont pas reçu d'éducation scolaire, 10,80% ont atteint le niveau primaire et seulement 5,56% ont atteint le secondaire.

→ Modèles économétriques

Nous utilisons 2 types de modèles ; *le modèle de régression linéaire* pour prédire chacun de nos indicateurs anthropométriques et *les modèles logistiques (Probit et Logit)* pour prédire la mortalité dans notre échantillon.

Nous appliquons à nos modèles des poids d'échantillonnage.

Les modèles de base sont les suivants :

▪ Modèle linéaire de base :

(Equation 1)

$$\text{Indicateur}_t = \alpha + \beta_1(\text{var_climat})_{t-1} + \beta_2(\text{var_climat})_{t-2} + \lambda(\text{var_contrôles})_t + \text{effets_fixes_vagues} + \varepsilon_t$$

Où l'indicateur représente les rapports (Poids/âges, Tailles/âges et Poids/tailles), Var_climat représente la température et la pluviométrie respectivement en t-1 et t-2 et var_contrôles nos variables de contrôles.

▪ Modèle logistique de base :

(Equation 2)

$$\text{Prob}(\text{décès}=1/X)_t = \text{Prob}(\varepsilon_t > -\alpha - \beta_1(\text{var_climat})_{t-1} - \beta_2(\text{var_climat})_{t-2} - \lambda(\text{var_contrôles})_t - \text{effets_fixes})$$

Où X désigne l'ensemble des régresseurs, Prob(décès=1/X) la probabilité de décès conditionnellement aux régresseurs et ε le terme d'erreur dont la distribution de probabilité est susceptible de suivre une loi normale (modèle Probit) ou une loi logistique (modèle Logit).

2.3 Résultats des estimations et Analyses

Les résultats de nos premières estimations sur les effets directs de la pluviométrie sur les indicateurs nutritionnels sont dans le **Tableau 1**.

Ces premiers résultats montrent globalement des effets statistiquement significatifs uniquement pour le groupe des enfants de 1 à 5 ans. Nous ne trouvons aucun effet significatif de la pluviométrie pour les moins d'un an. Les précipitations en (t-1) affectent le rapport poids/tailles des enfants de 1-5 ans. En outre, une augmentation moyenne de la pluviométrie de 1 mètre de pluie durant l'année précédente s'accompagne d'une baisse du rapport poids/tailles de 0.018 kg/cm l'année suivante dans le groupe des enfants de 1 à 5 ans. Une explication potentielle à ce résultat est que ce groupe d'enfants est plus exposé par la pluie car ils s'abreuvent d'eau

provenant de la pluie. De plus, nos statistiques montraient que les deux plus importantes sources utilisées par les ménages sont les eaux de puits et les rivières, lac et pluie.

Effets de la pluviométrie sur les indicateurs nutritionnels						
Groupes	Poids/âges		Tailles/âges		Poids/Tailles	
	0-1 ans	1-5 ans	0-1 ans	1-5 ans	0-1 ans	1-5 ans
precipitation en t-1	-1.662	-0.092	-15.992	-0.231	0.014	-0.018*
precipitation en t-2	0.799	-0.017	8.749	-0.048	-0.012	0.002
precipitation (réf:élevée)						
Moyenne	-0.147	-0.045***	-1.261	-0.089	0.000	-0.008***
Faible	-0.686	-0.053**	-5.854	0.080	0.002	-0.014***
Sexe (réf:male)						
female	0.042	-0.038***	0.915	-0.181**	-0.005**	-0.004**
female x choc positif de pluie	-0.191	0.025**	-0.971	0.234**	-0.001	-0.001
Source d'eau (réf:eau courante)						
puits domicile	0.099	0.000	1.295	0.079	-0.002	-0.002
rivière/lac/pluie	0.132	0.007	1.147	0.086	-0.001	-0.000
Autres sources	0.069	-0.003	1.156	0.081	-0.002	-0.003*
Education_mères (réf: aucune)						
primary	0.011	-0.000	0.272	-0.022	-0.000	0.001
secondaire	0.082	-0.051	1.673	-0.163	-0.001	-0.007*
Wealth (réf:Pauvres)						
Moyens	0.196	-0.004	0.904	-0.056	0.002	0.002
Riches	0.088	0.023**	1.356	0.035	-0.001	0.005***
primary x Moyens	-0.319	0.030	-1.803	0.204	-0.004	-0.000
primary x Riches	-0.070	0.011	-1.360	0.139	0.001	-0.002
secondaire x Moyens	0.454	0.056	10.228	0.261	-0.017	0.003
secondaire x Riches	0.013	0.077**	-2.307	0.207	0.005	0.012**
R2	0.014	0.044	0.009	0.016	0.032	0.029
N	3376	3321	3352	3317	3511	3308

Tableau 1 : Effets directs de la pluviométrie sur les indicateurs nutritionnels

L'absence d'effets chez les moins d'un an est susceptible d'être attribuable au lait maternel qui apporte beaucoup de compléments nutritifs ou que ces enfants sont abreuvés à d'autres sources d'eau plus potables. Les filles ont en général des rapports poids/âges et poids/tailles plus faibles que les garçons respectivement de 0.014 kg et 0.005 kg/cm. De même, nous trouvons des effets significatifs des périodes de chocs positifs de pluie (augmentation de la pluviométrie par rapport à la normale de 2 fois l'écart-type à droite) sur le sexe. En effet, les filles sont négativement impactées par les chocs positifs de pluie en (t-1) par rapport aux garçons. Leurs rapports poids/âges et tailles/âges baissent respectivement de 0.026 kg et 0.24 cm suite à ce choc. Enfin, nous trouvons des effets positifs du statut socioéconomique du ménage sur les rapports poids/âges et poids/tailles. En effet, les femmes qui ont atteint un niveau d'éducation secondaire et qui vivent dans les ménages riches voient une amélioration très significative de ces deux

ratios chez leurs enfants respectivement de 0.077 kg et 0.012 kg/cm, ce qui indique que le statut socioéconomique est un déterminant clé de la santé infantile (Prashant Bharadwaj, Katrine Velleesen et al. (2013), Zhonglu Li et Zeqi Qiu 2018, Jalan et Ravallion 2003).

En ce qui concerne les effets de la température de l'air sur la santé infantile, les résultats de nos estimations sont consignés dans le **Tableau 2**.

Effets de la température de l'air sur les indicateurs nutritionnels						
Groupes	Poids/âges		Tailles/âges		Poids/Tailles	
	0-1 ans	1-5 ans	0-1 ans	1-5 ans	0-1 ans	1-5 ans
température en t-1	0.486	0.019	4.406*	0.015	-0.000	0.005*
température en t-2	-0.337	0.003	-3.292*	0.050	0.001	-0.002
température (réf: élevée)						
Moyen	0.065	-0.022***	0.604	-0.036	-0.001	-0.004***
Faible	-0.144	-0.014	-1.313	0.030	-0.001	-0.004**
Sexe (réf: male)						
female	-0.133	-0.014**	0.010	0.043	-0.006***	-0.005***
choc positif de température en t-1 (réf=0)						
choc positif	-0.117	0.018	-1.330	0.219**	0.003	-0.002
female x choc positif	0.154	-0.026*	1.024	-0.249**	0.001	0.001
Source d'eau (réf: courante)						
puits domicile/publics	0.095	0.002	1.221	0.091	-0.001	-0.002
rivière/lac/pluie	0.129	0.008	1.075	0.098	-0.001	-0.000
Autres sources	0.075	-0.002	1.181	0.087	-0.002	-0.003*
Education_mères (réf: aucune)						
primary	0.015	-0.000	0.296	-0.023	-0.000	0.001
secondaire	0.087	-0.050	1.721	-0.165	-0.001	-0.007*
Wealth (réf: Pauvres)						
Moyens	0.195	-0.005	0.895	-0.059	0.002	0.002
Riches	0.086	0.022**	1.355	0.030	-0.001	0.005***
primary x Pauvres						
primary x Moyens	-0.323	0.031	-1.838	0.207	-0.004	-0.000
primary x Riches	-0.066	0.011	-1.302	0.135	0.001	-0.002
secondaire x Pauvres						
secondaire x Moyens	0.423	0.052	10.066	0.253	-0.017	0.002
secondaire x Riches	0.031	0.077**	-2.154	0.211	0.005	0.012**
R2	0.014	0.043	0.009	0.017	0.033	0.028
N	3376	3321	3352	3317	3511	3308

Tableau 2: Effets directs de la pluviométrie sur les indicateurs nutritionnels

A l'inverse de la pluviométrie, nous trouvons cette fois-ci des effets statistiquement significatifs de la température de l'air sur les enfants de moins d'un an. Les températures de l'année précédente (t-1) augmentent statistiquement leur rapport tailles/âges de 4.4 cm et celles de l'année d'avant (t-2) diminuent ce rapport (retard de croissance). L'effet est significatif mais très faible sur le rapport poids/tailles dans le groupe des 1 à 5 ans (0.005 kg/cm). Le retard de croissance (-3.29 cm) observé chez les moins d'un an suite à une augmentation de 1C° de la

température deux années avant peut s'expliquer par l'état de la mère. Il est possible que les effets des températures subis par la mère se repercutent sur leurs nourrissons via la grossesse (Kumar, Vollmer et al. 2016, Besancenot et al. 1997). Pour l'effet positif de la température en (t-1), nous ne trouvons aucune explication. De même, nous trouvons des effets négatifs des chocs de températures identiques à ceux de la pluviométrie sur les filles. Les résultats montrent des pertes respectives pour les rapports poids/âges et tailles/âges de 0026 kg et 0.24 cm principalement chez le groupe de 1 à 5 ans.

Nous trouvons également des effets positifs des femmes ayant reçu une éducation et issues de ménages riches sur les rapports poids/âges et poids/tailles chez les individus de 1 à 5 ans.

Enfin, les résultats de notre estimation sur la mortalité sont consignés dans le **Tableau 3**.

	Effets de la pluviométrie sur la probabilité de décès		Effets de la température de l'air sur la probabilité de décès	
	Probit (Dy/Dx) at means	Logit (Odds Ratio)	Probit (Dy/Dx) at means	Logit (Odds Ratio)
precipitation en t-1	-0,058	-0.746		
precipitation en t-2	0,082**	0.993**		
temperature en t-1			0.009	0.114
temperature en t-2			-0,02	-0.228
precipitation (réf: élevée)				
Moyen		0.189*	0,015**	0.177**
Faible		0.066	0,009	0.087
Sexe (réf: male)				
female**	-0,01	-0.147	-0,01	-0.109*
choc positif (réf:0)				
1				-0.339**
Source d'eau (réf: courante)				
puits domicile/public	0,034**	0.436**	0.032**	0.404**
rivière/lac/pluie	0.024**	0.335**	0.021**	0.299**
Autres sources	0.031**	0.407**	0.029**	0.389**
Education_mères (réf: aucune)				
primary	0,005	0.167	0.005	0.167
secondaire	0,016	0.381	-0,016	0.389
Wealth (réf: Pauvres)				
Moyens	0.005	0.011	-0,0005	0.010
Riches*	-0,021	-0.150*	-0,02	-0.140*
primary x Pauvres				
primary x Moyens		-0.158		-0.154
primary x Riches		-0.251		-0.237
secondaire x Pauvres				
secondaire x Moyens		-0.953		-0.962
secondaire x Riches		-1.078**		-1.089**
N	24442	24442	24442	24442

Tableau 3 : Effets de la pluviométrie et la température de l'aire sur la mortalité infantile

Les résultats montrent uniquement des effets statistiquement significatifs de la pluviométrie sur la mortalité chez les enfants de moins de 5 ans. Nous ne trouvons pas d'effets directs pour la température. En outre, les précipitations en (t-2) augmentent le risque de mortalité infantile de 0.082 points de pourcentages pour une augmentation de la pluviométrie d'1 mètre de pluie (0.99** fois la probabilité de décès avec le logit). Nous trouvons également que la probabilité de décès est plus élevée pour les zones de précipitations moyennes quelque soit les conditions météorologiques (pluviométrie et température). Le modèle logit donne des odds ratios similaires pour ces deux effets respectivement de 0.189 et 0.177. L'on constate que la température affecte plus la mortalité chez les garçons que les filles. Elles font face à une probabilité de décès 0.11 fois moins élevée que celle des garçons, ce qui semble rentrer en contradiction avec nos résultats précédents qui montre que les filles sont plus impactées par les chocs de températures et pluviométrie. Par ailleurs, les ménages qui s'approvisionnent auprès de sources d'eau autre que l'eau courante, font face à une probabilité de décès plus élevée et statistiquement significative chez leurs enfants, ce qui est cohérent avec la littérature. De plus, ces ménages font partir des catégories d'individus qui ont un niveau de richesse satisfaisant pour accéder à des services d'eau courante.

2.4 Conclusion partielle

Les estimations de nos premiers modèles confirment bien l'hypothèse d'effets directs des conditions climatiques sur la santé infantile. Nos principaux résultats suggèrent que la pluviométrie affecte principalement l'état de santé nutritionnelle (Poids/âges et Poids/tailles) chez les enfants de 1 à 5 ans. Inversement, ce sont les enfants de moins d'un an qui sont impactés par les températures de l'air. Les filles sont plus impactées que les garçons par les chocs de températures et pluviométrie. Les ménages qui jouissent d'un statut socioéconomique élevé, connaissent des améliorations nettes de la santé de leurs enfants par rapport à tout autre catégorie. Enfin, nous ne trouvons aucun effet des chocs négatifs des deux phénomènes météorologiques (baisse de température et pluviométrie) sur nos indicateurs.

3 Partie 2: Autres canaux de transmission (variation des prix à la consommation)

3.1 Prix à la consommation des céréales

Nous utilisons les prix à la consommation des 4 principales cultures céréalières que sont le **Maïs**, le **Mil**, le **Riz** et le **Sorgho**. Le mil et le maïs sont très utilisés par la population locale pour la confection de certains mets tels que le *tô*, la bouillie de mil (*môni*), du couscous de mil (*bâchi*) et autres. Ils entrent aussi dans la fabrication d'aliments pour les enfants de moins de 5 ans. Ces céréales sont produites localement par la population et vendues au kg du prix du marché.

La **Figure 4** ci-dessous montre l'évolution des prix des céréales entre 2000 et 2015 au Mali.

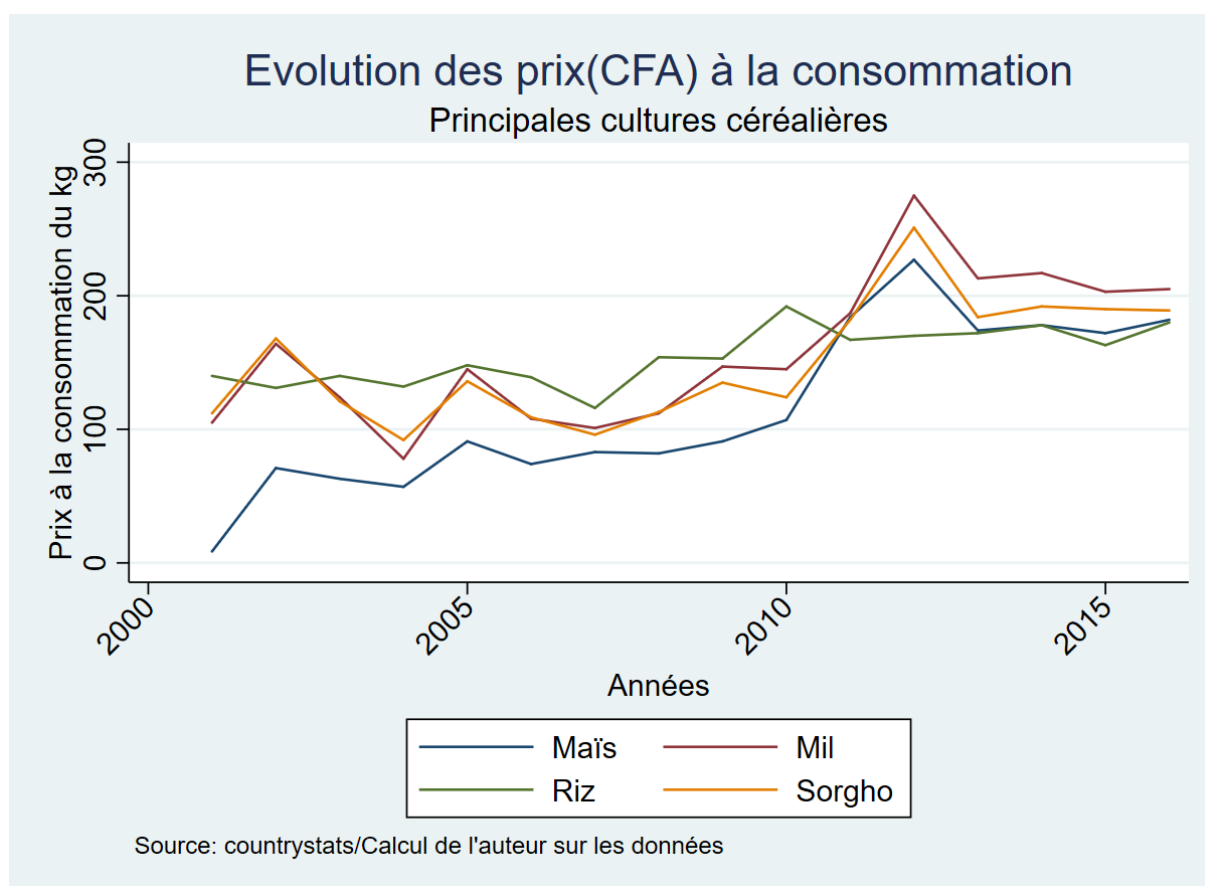


Figure 4 : Evolution des prix des principales cultures céréalières au Mali, (calcul de l'auteur)

On constate une tendance à la hausse des prix des céréales entre 2000 et 2015. En 15 ans, le prix des principales cultures a doublé, passant de 100 francs (0.15 euros) à 200 francs (0.30 euros) avec un pic important (300 francs) en 2012 pour le maïs, le mil et le sorgho.

Notre argument serait que cette inflation générale observée sur les 4 cultures est liée aux variabilités climatiques de la région. De plus, le pays a connu de nombreuses inondations (15) en 40 ans et des vagues de sécheresse importantes.

Nous mesurerons les effets de la variation des prix entre deux périodes consécutives (t-1 et t) sur les indicateurs nutritionnels des enfants de moins de 5 ans.

3.2 Statistiques sur les achats parentaux de produits alimentaires pour les enfants

Nous considérons 4 types de produits alimentaires. Les mets réalisés avec les tubercules locaux ; les produits laitiers (lait en poudre, boîte de conserve) ; les œufs, le poisson et la viande.

La **Figure 5** ci-contre montre la consommation des enfants pour chaque type d'aliments :

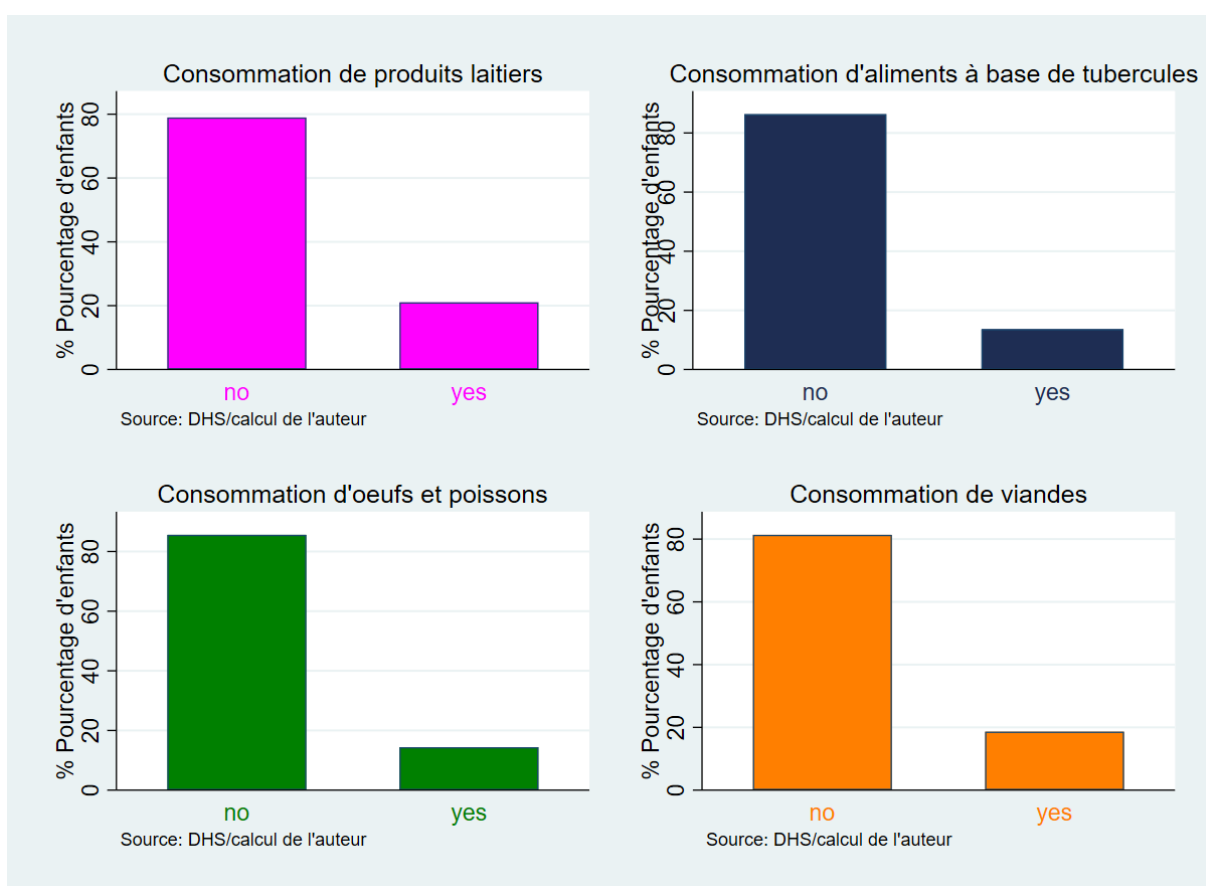


Figure 5 : Consommation des enfants par type d'aliments

Cette figure est basée sur une série de questions posées aux mères de famille, à savoir si elles donnent ces types d'alimentations à leurs enfants. L'on constate qu'en moyenne 80% des enfants ne consomment pas de produits essentiels à leurs besoins nutritifs, ce qui est susceptible de provoquer des déséquilibres nutritionnels à moyen et long terme.

Fort de ce constat, nous réalisons des estimations (modèle linéaires) des effets conjoints de la variation des prix, la consommation de ces aliments et les conditions météorologiques sur les indicateurs nutritionnels. Nous utilisons certaines variables de contrôle de l'hypothèse 1 auxquelles nous ajoutons la possession d'un bétail par le ménage, la possession d'une terre cultivable, le nombre d'individus dans le ménage et le nombre d'enfants de moins de cinq ans.

3.3 Résultats des estimations et Analyses

Les résultats de nos estimations sont consignés dans le **Tableau 4** pour l'effet conjoint pluviométrie, variation de prix. Nous ne mentionnons pas les résultats de l'estimation des effets conjoints température, variation de prix et types d'aliments car ils sont similaires au premier.

Effets des variations de prix et pluviometrie						
	Poids/âges		Tailles/âges		Poids/tailles	
	0-1 ans	1-5 ans	0-1 ans	1-5 ans	0-1 ans	1-5 ans
variation des prix	-0.024***	0.004***	-0.288***	0.024***	-0.000*	0.000***
temperature en t-1	-1.191*	-0.007	-13.285	-0.488	0.023*	0.015*
temperature en t-2	0.731	0.008	8.347	0.397	-0.014	-0.010
Consommation lait (réf: no)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yes	-0.222**	0.013*	-2.765**	0.156**	0.006**	-0.002*
Consommation aliments tubercules (réf: no)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yes	-0.296**	0.005	-5.046***	0.115	0.005**	-0.003**
Consommation œufs et poissons (réf: no)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yes	0.013	0.005	0.536	-0.003	-0.002	0.001
Consommation viande (réf: no)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yes	-0.408***	0.046***	-4.632***	0.402***	0.001	-0.002
possède une terre (réf: no)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yes	0.079	-0.012	-0.202	-0.087	0.001	-0.000
possède un betail (réf: no)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
yes	-0.127	0.005	-2.169	0.012	0.001	0.002
nombre d'individus dans le ménage	-0.025	0.003**	-0.374*	0.032**	0.000	-0.001**
nombre d'enfants de moins de 5 ans	0.025	-0.025***	0.305	-0.273***	-0.002*	0.003***
Sexe(réf: male)	0.000	0.000				
female	-0.161*	-0.018**				
Wealth (réf:pauvres)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
moyens	0.083	0.017*	0.996	0.070	-0.001	0.002
riches	0.085	0.014*	0.185	0.008	0.003	0.004**
R2	0.041	0.076	0.043	0.077	0.033	0.030
N	821	2007	791	2003	813	1998

Tableau 4 : Effets de la variation des prix et de la pluviométrie sur les indicateurs

Les résultats du tableau 4 montrent des effets statistiquement significatifs de la variation des prix sur les indicateurs nutritionnels des deux groupes d'enfants. Ces effets sont négatifs pour les moins d'un an et positifs pour les enfants de 1 à 5 ans. Ce fait peut être expliqué par l'augmentation des prix qui pousse les ménages notamment les plus défavorisés à concentrer l'essentiel de leurs ressources sur d'autres postes de dépenses pour lisser leurs consommations dont les retombées positives se ressentent plus sur les autres membres du ménage. La consommation de lait (autres que le lait maternel) a des effets négatifs sur les moins d'un an notamment sur leur rapport Tailles/âges qui baisse de 2,76 cm, suite à une augmentation de 1% des prix des céréales. Par contre, les effets sont nettement positifs chez les plus d'un an. Nous ne trouvons aucun effet significatif de la consommation du poisson sur les deux groupes d'enfants. Il peut s'agir d'une denrée rare à laquelle la plupart des ménages n'ont pas accès compte tenu du faible réseau hydrographique du pays. Le nombre d'individus dans le ménage a des impacts positifs sur les rapports poids/âges et tailles/âges pour les plus d'un an. A l'inverse, nous trouvons que ces deux indicateurs sont négativement impactés par le nombre d'enfants de moins de cinq ans.

Le principal mécanisme que nous mettons en avant est analogue à celui de la variation des prix. Plus il y a d'enfants de plus d'un an dans le ménage et plus les ressources sont concentrées sur ces derniers, ce qui est probablement vrai lorsque ce sont les moins d'un an qui sont nombreux.

3.4 Conclusion partielle

Les résultats de nos estimations montrent que la variation des prix des produits agricoles a des impacts statistiquement significatifs sur les indicateurs nutritionnels, ce qui confirme bien l'hypothèse de canaux de transmission par lesquels la santé des enfants de moins de cinq ans est affectée. Nous trouvons que les enfants de moins d'un an sont les plus impactés par cette variation des prix. Ces effets affectent leur rapport Tailles/âges, d'où un retard de croissance. Enfin, le nombre d'individus dans le ménage est un facteur clé dans l'allocation des ressources des parents. Ses effets sur la santé des moins d'un an dépend de leur nombre à l'égard des plus d'un an.

4 Conclusion générale, limites & politiques publiques

Il ressort de notre question de recherche que les conditions climatiques affectent l'état de santé nutritionnelle des enfants de moins de cinq ans. Ses effets passent par des mécanismes directs (hypothèse 1) et indirects (hypothèse 2). Et les effets sont différenciés selon le groupe d'appartenance de l'enfant.

L'hypothèse 1 a permis de mettre en évidence que le groupe d'enfants de 1 à 5 ans est plus directement exposé aux précipitations que leurs paires (0-1 ans). A l'opposé, cette catégorie de moins d'un an est plus vulnérable aux effets de la température de l'air. Les effets des deux conditions climatiques augmentent plus le risque de décès chez les jeunes garçons que les filles malgré la forte vulnérabilité de ces dernières aux chocs de précipitations et températures. L'éducation des mères de famille et le statut socioéconomique du ménage sont des déterminants clés de la santé nutritionnelle. En effet, les enfants qui vivent avec des mères ayant atteint un niveau d'éducation secondaire et dans les ménages riches connaissent un meilleur état nutritionnel que leurs paires dans les ménages pauvres.

Quant à l'hypothèse 2, elle fait apparaître un mécanisme indirect qui est celui de la variation des prix des céréales, principales denrées alimentaires au Mali. Elle a des effets négatifs significatifs sur le rapport Tailles /âges des moins d'un an. D'où elle peut leur occasionner des retards de croissance à long terme. Enfin, l'on constate que le nombre d'individus dans le ménage affecte la santé nutritionnelle des deux groupes d'enfants. L'explication que nous avançons est l'allocation des ressources en faveur du groupe ayant le nombre dominant d'individus.

Nous relevons deux principales limites dans notre étude. La première d'ordre informationnel est liée à l'indisponibilité de certaines données. Par exemple, la vague Dhs/1996 fournissait des informations sur le revenu des ménages, ce qui n'était pas le cas des vagues suivantes, également pour les dépenses. Ces deux informations auraient permis de mieux appréhender l'allocation des ressources dans les ménages et l'effet de la variation des prix sur la santé des enfants. Le deuxième d'ordre technique concerne nos coefficients dont certains n'ont pas pu être estimés en raison des problèmes de multicollinéarité. Il est donc probable que certains de nos résultats soient discutables.

Enfin, en termes de politiques publiques, le Mali doit mettre en place un filet de sécurité sociale et alimentaire notamment dans les zones où les enfants sont le plus exposés aux variabilités

climatiques. Sensibiliser et encourager davantage les chefs de ménages à scolariser les filles car la santé des enfants en dépend. Ce filet doit passer par l'identification des couches de population les plus pauvres et le recensement de leurs besoins essentiels. Mettre en place un système de mutualisation des risques dans l'agriculture afin de garantir un revenu minimal aux ménages en période de chocs et développer davantage son système de distribution d'eau.

5 Bibliographie

- **Achyuta, Adhvaryu, Prashant Bharadwaj, James Fenske, Anant Nyshadham, Richard Stanley.** 2019. "Dust and Death: Evidence from the West African Harmattan." *Working paper* 25937. June. <http://www.nber.org/papers/w25937>
- **Banerjee, Abhijit and Esther Duflo.** 2011. "Poor Economics, A Radical Rethinking of the Way to Fight Global Poverty". *New York: Public Affairs*. 320 pages. <https://doi.org/10.4000/oeconomia.1594>
- **Berman, Nicholas, Lorenzo Rotunno and Roberta Ziparo.** 2020. "Sweet child of mine: Parental income, child health and inequality." *Working papers*. March <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02499192>
- **Besancenot, Jean-Pierre, Michel Boko and P.C. Oke.** 1997. "Weather conditions and cerebrospinal meningitis in Benin (Gulf of Guinea, West Africa)." *European Journal of Epidemiology*. Vol:13. pp 807-815. June. <https://doi.org/10.1023/A:1007365919013>
- **Bhushan, Indu, Erik Bloom, David Clingingsmith, Rathavuth Hong, Elizabeth King, Michael Kremer, Benjamin Loevinsohn and J. Brad Schwartz.** 2007. "Contracting for Health: Evidence from Cambodia." *Working Paper*. August. <https://www.povertyactionlab.org/media/3789>
- **Björkman, Martina and Jakob Svensson.** 2010. "When is community-based monitoring effective? Evidence from a randomized experiment in primary health in Uganda." *Journal of the European Economic Association*. Vol:8. pp 571-581. April. <https://academic.oup.com/jeea/article-abstract/8/2-3/571/2296039>
- **Chort, Isabelle, Rozenn Hotte and Karine Marazyan.** 2012. "Income shocks, bride price and child marriage in Turkey." *Working papers hal-03258215, HAL*. June <https://hal-univ-pau.archives-ouvertes.fr/hal-03258215v2>
- **Galiani, Sebastian, Paul Gertler and Ernesto Schargrodsky.** 2005. "Water for Life: The impact of the Privatization of water Services on Child Mortality." *Journal of Political Economy*. Vol:113, no1. pp 83-120. February. <https://doi.org/10.1086/426041>
- **Hoddinott, John and Bill Kinsey.** 2001. "Child Growth in the Time of Drought". *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*. Vol :63(4). pp 409-436. April. <https://doi.org/10.1111/1468-0084.t01-1-00227>
- **Jalan, Jyotsna and Martin Ravallion.** 2003. "Does piped water reduce diarrhea for children under five?" *Journal of Econometrics*. Vol:112. pp 153-173. www.elsevier.com/locate/econbase

- **Kumar, Santosh, Ramona Molitor and Sebastian Vollmer.** 2016. “Drought and Early Child Health in Rural India.” *Population and development review*. Vol:42(1). pp 53–68. March. <https://www.jstor.org/stable/44015614>
- **Li, Zhonglu and Zeqi Qiu.** 2018. “How does family background affect children’s educational achievement? Evidence from Contemporary China.” *The Journal of Chinese Sociology*. Vol 5(13). October. <https://doi.org/10.1186/s40711-018-0083-8>
- **Lohmann, Steffen and Tobias Lechtenfeld.** 2015. “The Effect of Drought on Health Outcomes and Health Expenditures in Rural Vietnam.” *World Development*. Vol:72. pp 432-448. August. <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.03.003>
- **Maccini, Sharon and Dean Yang.** 2009. “Under the Weather: Health, Schooling, and Economic Consequences of Early-Life Rainfall.” *American Economic Review*. Vol:99. pp 1006-1026. June. <http://www.aeaweb.org/articles.php?doi=10.1257/aer.99.3.1006>
- **Morduch, Jonathan.** 1995. “Income Smoothing and Consumption Smoothing”. *Journal of Economic Perspectives*. Vol:9(3). pp 103–114. Summer. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.9.3.103>
- **Paxson, Christina.** 1992. “Using Weather Variability to Estimate the Response of Savings to Transitory Income in Thailand”. *The American Economic Review*. Vol: 82(1). pp 15-33. March. <https://www.jstor.org/stable/2117600>
- **Prashant, Bharadwaj, Katrine Velleksen Løken, and Christopher Neilson.** 2013. “Early Life Health Interventions and Academic Achievement.” *American Economic Review*. Vol:103(5). pp 1862-1891. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.5.1862>
- **Rossi, Pauline and Paola Villar.** 2020. “Private health investments under competing risks: Evidence from malaria control in Senegal.” *Journal of Health Economics*. Vol:73 102330. April. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2020.102330>
- **Townsend, Robert.** 1995. “Consumption Insurance: An Evaluation of Risk-Bearing Systems in Low-Income Economies.” *Journal of Economic Perspectives*. —Vol:9(3). pp 83-102. Summer. <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.9.3.83>

Rapports et publications

- **African Development Bank Group (afdb)**
<https://www.afdb.org/fr/countries/west-africa/mali/mali-economic-outlook>, consulté le 20 Août 2022.
- **UNICEF (Août 2021), La crise climatique est une crise des droits de l’enfant**
www.unicef.com, consulté le 02 Juin 2022.
- **Agence Nationale de Météorologie du Mali**
http://mail.cnom.sante.gov.ml/mtri/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=41&Itemid=26, consulté le 03 Juillet 2022.
- **Synthèse du rapport AR6 du GIEC (Février 2022)**
<https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiw6IGbmFH5AhUwx4UKHaz8CFMQFnoECAoQAQ&url=https%3A%2F%2Ftheshiftproject.org%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F03%2FSynthese-vulgarisee-Rapport-WGII-AR6-The-Shifters.pdf&usg=AOvVaw3oONx2ayJInkoN5I4cSvx8>, consulté 20 Août 2022

6 Annexes

6.1 Annexe 1 : Evolution de la Pluviométrie et température au Mali entre 1980 et 2017

