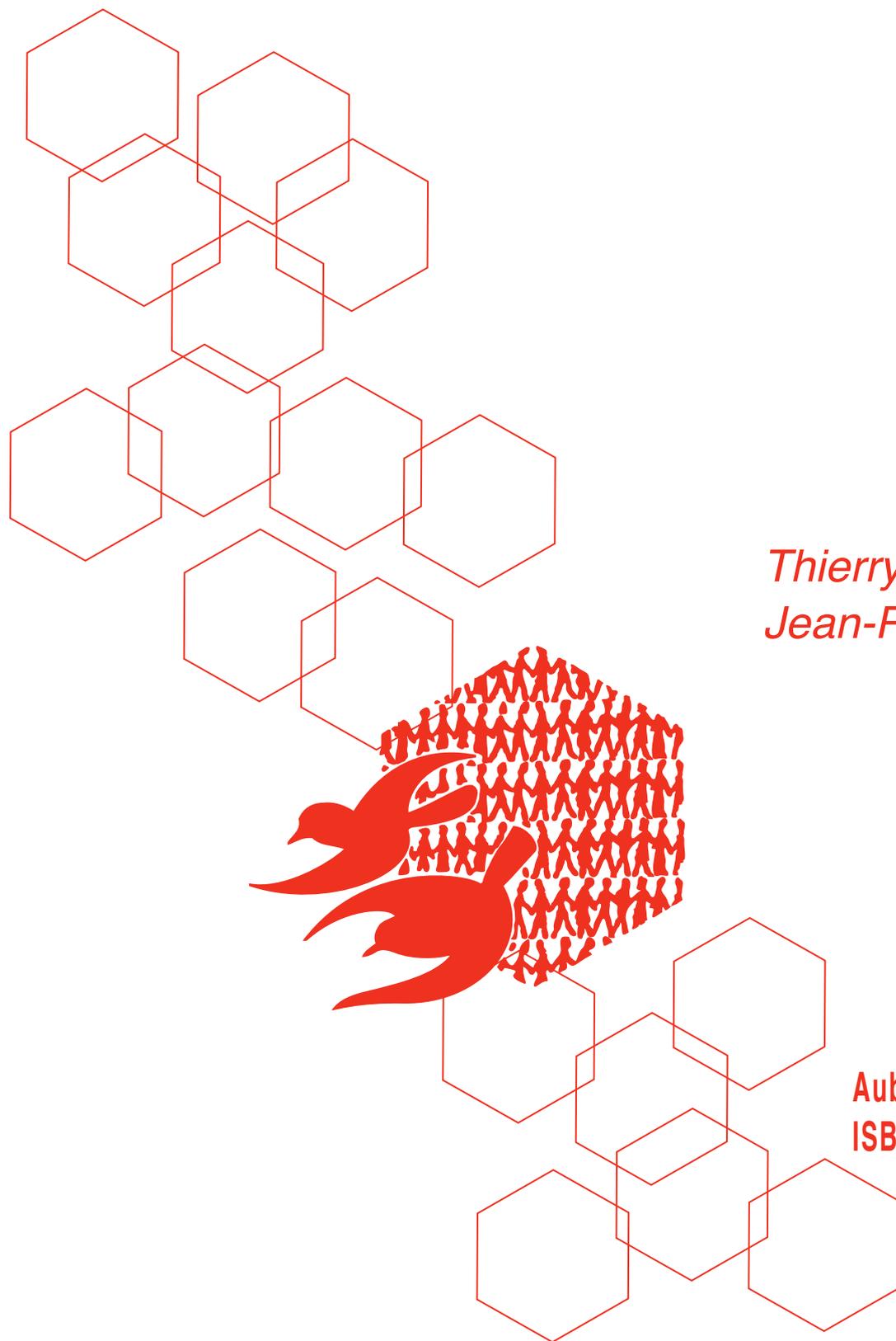


Regards démographiques sur quelques crises climatiques



*Thierry Eggerickx,
Jean-Paul Sanderson
(éditeurs)*

Aubervilliers, 2024
ISBN 978-2-901107-07-1

ASSOCIATION INTERNATIONALE DES DÉMOGRAPHES DE LANGUE FRANÇAISE
AIDELF · 9, cours des Humanités - CS 50004 - 93322 Aubervilliers Cedex (France) - <http://www.aidelf.org>

Regards démographiques sur quelques crises climatiques

Édité par Thierry Eggerckx et Jean-Paul Sanderson
2024

Thierry Eggerckx, Jean-Paul Sanderson Regards démographiques sur quelques crises climatiques	5
Frédéric Sandron Vieillissement de la population et réchauffement climatique au 21 ^e siècle : une crise en perspective ?	9
Armelle Klein Vieillissement de la population et gestion des crises de chaleur : retour sur 19 années de politiques publiques françaises pour lutter contre le risque canicule	31
Jacques Véron, Aswini Kumar Nanda Le passage des cyclones en Inde de l'Est (Odisha) : réponses et résilience	47
Njingouo Mouchingam Aoudou, Golaz Valérie Impact des cyclones sur la morbidité et la malnutrition des enfants de moins de cinq ans à Madagascar	63

Association internationale des démographes de langue française

Impact des cyclones sur la morbidité et la malnutrition des enfants de moins de cinq ans à Madagascar

NJINGOUO MOUNCHINGAM Aoudou *
GOLAZ Valérie **

Selon l'Unicef, les enfants des pays régulièrement confrontés à des phénomènes naturels violents comme les cyclones, les inondations et la sécheresse font très souvent face à des problèmes de sécurité alimentaire et sanitaire (Unicef, 2021a). C'est le cas du Mozambique, où le passage du cyclone Éloïse, en janvier 2021, a plongé près de 176 000 personnes dont 90 000 enfants en situation d'insécurité alimentaire (Unicef, 2021b). Deux ans auparavant, les cyclones Kenneth et Idai ravageaient la même partie du pays, contraignant des dizaines de milliers de familles à être déplacées et provoquant une insécurité alimentaire et une augmentation de la malnutrition chez les enfants. Ils ont touché 1,1 million d'enfants (Unicef, 2021a, p. 41).

Phénomènes violents, localisés et de courte durée, les cyclones n'affectent pas la population d'un pays ou d'une région dans son ensemble, mais font des victimes et affectent particulièrement les conditions de vie des populations qui se trouvent sur leur sillage, à court et moyen terme. Les données permettant d'analyser la santé des enfants en lien avec les passages de cyclones sont extrêmement rares. Madagascar constitue une exception dans ce domaine, avec l'enquête démographique et de santé (EDSMD) de 2008-2009 qui en plus des modules classiques des questionnaires des enquêtes démographiques et de santé, sur le ménage, les hommes, les femmes et leurs enfants, comprend un module environnemental pour capter les déclarations des ménages sur leurs vécus des cyclones 12 mois avant l'enquête (Instat et ICF-Macro, 2010). Ce module n'est pas présent dans l'enquête EDS suivante, en 2021 (Instat et ICF, 2022), ni dans celles des autres pays du sud-ouest de l'océan Indien, régulièrement affectés par des cyclones.

Madagascar par sa position géographique connaît en moyenne chaque année trois à quatre cyclones tropicaux qui se forment dans l'océan Indien (Peyrusaubes, 2016). L'intensification de ces phénomènes météorologiques avec le changement climatique en cours reste débattue (Unicef, 2021a). Le cyclone Éloïse avait traversé Madagascar avant le Mozambique, y faisant moins de dégâts : il y avait sinistré un millier de personnes environ, détruisant sur son passage des maisons d'habitation et des infrastructures communautaires (Randriatsoa, 2021). Mais d'autres cyclones y sont plus dangereux. En 2022 par exemple, le passage consécutif de cinq cyclones sur le pays, dont Batsiraï, le plus violent, a fait un total de 206 victimes en un mois, avec plus de 460 milliers de personnes sinistrées. En 2008 et 2009, l'île a été traversée par six cyclones violents : les cyclones Fame, Ivan et Jokwe en 2008 et les cyclones Eric, Fanele et Jade en 2009. Les trois premiers ont eu pour conséquence plus de 100 décès, environ 350 000 déplacés et 200 000 personnes sans abri et le gouvernement a fait appel à l'aide internationale (BNGRC et al., 2008).

* Laboratoire Population Environnement Développement, Aix-Marseille Univ., IRD.

** Institut national d'études démographiques et Laboratoire Population Environnement Développement, Aix-Marseille Univ., IRD.

En saison cyclonique (entre novembre et avril de l'année suivante), de très fortes pluies et des vents extrêmes ont pour conséquences une mortalité directe, la destruction des cultures et des infrastructures, des crues soudaines et des glissements de terrain. Les effets secondaires de ces cyclones sont une augmentation de l'insalubrité et une baisse de la sécurité alimentaire (Nations unies, 2022). La situation des enfants vivant dans les zones sinistrées par des cyclones est particulièrement inquiétante. En effet, le risque de contracter des maladies liées à l'eau telles que le choléra et des infections diarrhéiques est une préoccupation majeure dans ces zones et ils y sont plus sensibles que les adultes (Unicef, 2021b). La sous-alimentation les affecte aussi particulièrement (Unicef, 2021b).

La vulnérabilité de la population à Madagascar est accentuée par un taux élevé de pauvreté : 71,5 % de la population en 2013 vit sous le seuil national de pauvreté, selon les résultats de l'enquête ENSOMD 2012-2013 (INSTAT, 2013, p. 140). Elle est aussi accentuée par le manque d'infrastructures pérennes et les problèmes d'accès qui en découlent. Du fait de la destruction des récoltes et des semences, de l'inaccessibilité accrue par la destruction des infrastructures routières et de l'augmentation des prix des denrées, le passage des cyclones crée une situation extrêmement défavorable aux ménages les plus vulnérables. Selon le programme alimentaire mondial, l'insécurité alimentaire dans le pays est la plus sévère entre le mois de novembre et le mois de mars, c'est la période de soudure (UNWFP, 2006). Pendant cette phase on enregistre une diminution des stocks alimentaires des ménages, une hausse saisonnière du prix des denrées de base et la chute de production des cultures de rente. Comme la période de soudure coïncide avec la saison cyclonique, l'insécurité alimentaire saisonnière est aggravée par l'impact des cyclones et des inondations. Cette situation est plus accentuée en milieu rural avec près de 25 % de la population rurale affectée par une insécurité alimentaire chronique (UNWFP, 2006). 14 % de la vulnérabilité à l'insécurité alimentaire est dû aux catastrophes naturelles, 6 % à l'augmentation des prix et 5 % au décès du chef de ménage (UNWFP, 2006).

Dans les études précédentes sur la santé des enfants, une grande attention a été accordée au rôle de l'environnement géographique, économique et sociodémographique. Ces recherches ont été menées empiriquement en prenant en compte divers facteurs. Les facteurs géographiques étudiés incluent, par exemple, la pluviométrie, l'aridité (Henry et Dos Santos, 2013 ; Petkova et al., 2013 ; Sena et al., 2014 ; Shibata et al., 2014), la température (Abu-Elyazeed et al., 2004 ; Bandyopadhyay et al., 2012), l'hygiène et l'assainissement (Bouba, 2015), ainsi que l'urbanisation (Fink et al., 2013 ; Hardoy et al., 2014). Dans les zones exposées à des phénomènes météorologiques violents comme à Madagascar, le passage des cyclones concourt à détériorer cet environnement géographique et renforce ainsi la vulnérabilité sanitaire des enfants (Unicef, 2021a). En ce qui concerne les facteurs économiques et sociodémographiques, des caractéristiques telles que le niveau de vie (Lamboni, 2010 ; Ngnie-Teta, 2005), la taille du ménage (Yelbi, 2018), l'âge et le sexe de l'enfant (Bouba, 2015 ; Koffi, 2019 ; Lamberti et al., 2013), ainsi que la vaccination (McCarthy, 2015) ont été examinées. Ces études fournissent des informations essentielles sur les facteurs de risque associés à la santé et à la malnutrition des enfants, et la manière dont ils agissent.

L'objet de ce travail est donc d'analyser les liens entre cyclones et santé des enfants à partir de l'enquête EDSMD 2008-2009. Comme de nombreux travaux pointent la vulnérabilité accrue des ménages, et des enfants dans les ménages, en lien avec les cyclones, nous cherchons à évaluer si d'un point de vue quantitatif il est possible d'établir une relation significative entre le passage d'un cyclone et différentes caractéristiques de la santé des enfants, comme leur état nutritionnel et le fait qu'ils aient été malades

(diarrhée, fièvre, toux). Ainsi, nous formulons quatre hypothèses de recherche pour guider ce travail qu'il convient d'énoncer :

- (H1) Compte tenu des effets dévastateurs des cyclones dus à la puissance des vents, nous supposons que l'état sanitaire (ou nutritionnel) des enfants se détériore à mesure que les grappes sont proches des trajectoires des cyclones ;
- (H2) Nous supposons que les enfants résidant dans les grappes où le pourcentage de ménages touchés par les cyclones est élevé sont plus susceptibles de tomber malades (ou de souffrir de malnutrition) que ceux vivant dans des grappes où ce pourcentage est faible ;
- (H3) Nous supposons que plus le passage d'un cyclone dans une grappe est récent par rapport au moment de l'enquête, plus il est probable que les problèmes de santé (ou de malnutrition) chez les enfants de cette grappe soient déclarés ;
- (H4) Nous supposons enfin que les enfants des ménages qui se déclarent victimes de cyclone sont plus exposés aux maladies et à la malnutrition que ceux des autres ménages.

Pour vérifier ces hypothèses, nous utilisons les données de l'EDSMD 2008-2009, une enquête qui non seulement aborde les conséquences des cyclones dans son questionnaire, mais qui par ailleurs fournit également les coordonnées des grappes de ménages constituant son échantillon, et un ensemble de caractéristiques environnementales pour ces points, issues de bases de données internationales. En outre, nous mobilisons les dates de collecte de l'enquête et les trajectoires datées des différents cyclones ayant traversé Madagascar fournies par le centre MétéoFrance de Saint-Denis de la Réunion pour distinguer les ménages selon leur distance aux traces des cyclones et selon le nombre de fois qu'ils sont sur le parcours d'un cyclone au cours des 12 mois précédant l'enquête.

Matériels et Méthodes

1. Une source de données classique en démographie et une autre plus originale

Les données utilisées dans ce travail proviennent de deux sources distinctes : MétéoFrance d'une part, et l'enquête EDS de 2008-2009 conduite par l'Instat à Madagascar d'autre part.

Les données cycloniques des saisons 2008 et 2009 produites par MétéoFrance

Le centre de veille cyclonique pour le bassin sud-ouest de l'océan Indien a enregistré les trajectoires des six cyclones ayant traversé l'île de Madagascar au cours des deux saisons cycloniques considérées. Il s'agit du cyclone Fame qui a fait près de douze morts sur son passage, près de 6 000 sinistrés et près de 1 000 sans-abris en janvier 2008 (Saholiarisoa, 2008) ; le cyclone Ivan plus violent a fait dans le même mois 73 morts et affecté 240 000 personnes parmi lesquelles 148 500 ont vu leurs habitations détruites et enfin le cyclone Jokwe qui a fait 400 sinistrés et détruit 44 habitations selon un rapport du bureau national de gestion des risques et des catastrophes de Madagascar (BNGRC et al., 2008 ; Gouvernement of Madagascar et al., 2008). Au cours de la saison cyclonique 2008-2009, l'île a connu également trois cyclones à savoir Éric et Fanele qui ont frappé la côte Est le 19 janvier 2009 causant près de 64 000 sans-abris. Enfin, le cyclone Jade qui a touché l'île entre le 6 et le 7 avril 2009 a sinistré sur son passage 60 818 personnes parmi lesquelles 4 090 ont perdu leur logement et n'avaient que peu ou pas accès à l'eau. Les sources d'eau ont été contaminées et les terres agricoles inondées (UNCT Madagascar, 2009).

L'enquête EDS de 2008-2009 à Madagascar

Dans un second temps, nous utilisons les données des enfants et des ménages et les coordonnées GPS des grappes de l'enquête démographique et de santé (EDSMD) réalisée à Madagascar en 2008-2009, ainsi que les caractéristiques environnementales fournies avec cette base de données. L'enquête EDSMD est une enquête représentative au niveau national et au niveau régional. Elle permet d'estimer des indicateurs en population et santé au niveau national, en milieu urbain et en milieu rural et au niveau régional. L'échantillon de l'EDSMD est un échantillon aréolaire, stratifié et tiré à 2 degrés. L'unité primaire de sondage est la grappe ou zone de dénombrement (ZD) telle que définie au cours des activités de cartographie censitaire réalisée en 2008 en préparation au recensement général de la population et de l'habitation. Au premier degré, 600 grappes ont été tirées avec une probabilité proportionnelle à la taille. La taille est le nombre de ménages estimé dans la grappe pendant l'opération de cartographie du recensement. Un dénombrement des ménages dans chaque grappe sélectionnée a permis d'obtenir une liste de ménages, à partir de laquelle les ménages de l'échantillon ont été tirés au deuxième degré. Sur les 600 grappes sélectionnées, 596 ont pu être enquêtées. Le nombre de ménages sélectionnés dans une grappe était de 32, quel que soit le milieu de résidence. Ainsi, au total 18 985 ménages ont été sélectionnés dont 18 083 ont été identifiés au moment de l'enquête et parmi lesquels 17 857 ont pu être enquêtés avec succès. Pour plus d'informations sur l'échantillonnage de l'enquête et d'autres aspects méthodologiques y relatifs, il convient de se référer au rapport final publié par l'INSTAT et ICF (2010). L'échantillon utilisé dans cette étude comporte 11 544 enfants âgés de 0 à 59 mois au moment de l'enquête. Chacun de ces enfants est niché dans un ménage niché à son tour dans une grappe ou zone d'enquête.

2. Des variables pour caractériser les enfants, leur mère, leur ménage et leur environnement

2.1 Variables dépendantes

Dans ce travail, nous avons deux variables dépendantes à savoir l'état morbide et l'état nutritionnel des enfants. Pour ce qui est de l'état morbide de l'enfant, il prend la valeur 1 si l'enfant a souffert de diarrhée, de fièvre ou de toux dans les deux semaines précédant l'enquête et 0 si ce n'est pas le cas. Pour l'état nutritionnel, il prend également la valeur 1 si l'enfant est malnutri et 0 dans le cas inverse. La malnutrition est évaluée dans ce travail uniquement grâce à l'indice anthropométrique taille-âge qui renseigne de la forme chronique de la malnutrition¹. Selon cet indice, un enfant est considéré malnutri lorsque son z-score taille-âge est strictement inférieure à -2 fois l'écart-type de cet indice.

2.2 Variables indépendantes

Le choix de ces variables tient compte de la littérature (en particulier Abu-Elyazeed et al. 2004, Barbieri 2011, Henry et Dos Santos, 2013, Bouba, 2015, du contexte et des possibilités offertes par les données. Compte tenu de la structure hiérarchique des données, nous regroupons les variables en deux niveaux : un niveau contextuel caractérisant les grappes d'échantillonnage de l'enquête (zones de dénombrement sélectionnées pour la collecte) et un niveau individuel regroupant les caractéristiques des enfants, de leur mère et plus globalement de leur ménage. Certaines de ces variables sont construites par nos soins et d'autres fournies par l'équipe géospatiale du programme EDS à partir de grandes bases de données internationales (Mayala et al., 2008).

¹ Les données sur d'autres indices, à l'instar du poids des enfants, ont été jugées invalides (INSTAT et ICF, 2010).

Caractéristiques contextuelles

Les variables contextuelles ne sont pas directement disponibles dans la base de données EDSMD. Elles ont été obtenues soit à partir de la base de données internationale de la Climate Research Unit, soit en agrégeant au niveau des grappes certaines caractéristiques individuelles ou relatives aux ménages, soit en appariant les données cycloniques aux grappes à l'aide des coordonnées géospatiales des centroïdes des grappes et celles de l'œil du cyclone. Il s'agit de :

- L'altitude de la grappe
- L'aridité de la grappe

L'indice d'aridité qui est défini comme le rapport entre les précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle annuelle, est un paramètre clé dans la caractérisation de la sécheresse (Tereshchenko et al., 2015). L'étude de la variation de l'aridité est donc d'une grande importance pour la gestion des ressources en eau agricole. Si l'indice d'aridité devient supérieur à la normale dans une grappe, le climat a tendance à souffrir de sécheresse et de pénurie de ressources en eau (Li et al., 2017). C'est une variable complémentaire produite par les équipes de l'EDS à partir des données disponibles dans WorldClim Global Climate Data de 2006 afin de faciliter l'intégration des caractéristiques environnementales aux données EDS.

- La proximité avec un cours d'eau

Cette variable représente la distance géodésique de la grappe à un lac ou à un littoral. Elle est également produite par l'équipe géospatiale du programme EDS à partir du jeu de données des lacs à pleine résolution et le jeu de données du littoral, également à pleine résolution dans la base de données GSHHG. Les jeux de données utilisés étaient basés sur le World Vector Shorelines, CIA World Data Bank II, et Atlas of the Cryosphere.

- L'indice de bâti

C'est un indice allant de 0 (extrêmement rural) à 1 (extrêmement urbain) pour la zone située dans un rayon de 2 km (urbain) ou de 10 km (rural) autour de la grappe d'enquête EDS. Il s'agit ici également une variable complémentaire obtenue à partir d'un ensemble de données à haute résolution sur la présence bâtie, dérivé de collections d'images de télédétection. Ces données ont été tirées du projet Global Human Settlement Layer (GHSL), qui produit des informations spatiales mondiales sur la présence humaine sur la planète au fil du temps (Malaya et al., 2018).

- Le nombre de fois que la grappe est sur la trace d'un cyclone en 2008 et 2009

Nous avons construit cette variable en déterminant le nombre de fois que la grappe est située dans un rayon de 150 km autour de l'œil d'un cyclone. En effet, le rayon critique du cyclone Fame était selon MétéoFrance de 150 km et nous avons considéré cette valeur pour les cinq autres cyclones car nous n'avons pas pu obtenir leur rayon critique respectif. Il est ressorti après construction de cette variable que 274 grappes ne sont situées sur la trace d'aucun cyclone, 164 grappes se sont trouvées une fois sur la trace d'un cyclone et 147 grappes deux fois.

- La proportion de ménages qui se déclarent victimes de cyclone dans la grappe

Cette variable est également construite par agrégation au sein des grappes de la variable déclaration des ménages d'être victime de cyclone dans les 12 mois précédant l'enquête. Cette variable a ensuite été catégorisée en deux modalités à savoir : « Faible » si cette proportion est inférieure à 0,5 et « Elevée » sinon.

- La proportion de ménages pauvres dans la grappe

La proportion de ménages pauvres dans la grappe est une variable contextuelle que nous avons construite par agrégation de la variable niveau de vie du ménage. Cette variable a ensuite été catégorisée en deux modalités à savoir : « Faible » si cette proportion est inférieure à 0,5 et « Elevée » sinon.

- La proportion de mères instruites dans la grappe

La proportion de mères instruites est construite en agrégeant dans les grappes la variable niveau d'instruction de la mère. Cette variable a ensuite été catégorisée en deux modalités à savoir : « Faible » si cette proportion est inférieure à 0,5 et « Elevée » sinon.

- La distance de la grappe à la trajectoire de chacun des cyclones Fame, Ivan, Jokwe, Éric, Fanele et Jade

Nous avons estimé la distance entre la grappe et la trajectoire d'un cyclone en prenant le minimum des distances entre la grappe et les différentes positions de l'œil du cyclone. Chacune des distances est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$d(A,B) = R * \arccos(\sin \varphi_A \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cos \varphi_B \cos(\gamma_B - \gamma_A))$$

où γ représente la longitude, φ la latitude en radian et R le rayon de la terre en km.

Enfin, pour tisser un lien temporel entre le passage des cyclones et le moment de l'enquête dans la grappe, nous utilisons les dates des interviews dans les grappes, qui se sont déroulés du 23 novembre 2008 au 17 août 2009 (Instat et ICF Macro, 2010), et les trajectoires datées des cyclones comme variables intermédiaires pour créer trois catégories de grappe à savoir : celles situées sur la trace d'un cyclone dans le mois précédant l'enquête, celles situées sur la trace d'un cyclone entre 1 et 12 mois précédant l'enquête et celles n'ayant été sur la trace d'aucun cyclone dans les 12 mois précédant l'enquête.

Caractéristiques individuelles (ménages, mères et enfants)

Toutes les variables individuelles utilisées sont issues de la base de données de l'enquête EDSMD. Les variables considérées sont : l'âge de l'enfant, le sexe de l'enfant, la situation vaccinale de l'enfant, l'âge de la mère, le niveau d'instruction de la mère, la taille du ménage, le niveau de vie du ménage, le fait que le ménage ait déclaré avoir été victime de cyclone, le milieu de résidence.

- L'âge de l'enfant : il a les modalités moins d'un an, de 1 à moins de 3 ans, entre 3 et 5 ans.
- Le sexe de l'enfant
- La situation vaccinale de l'enfant a deux modalités : non vacciné et partiellement ou complètement vacciné.
- L'âge de la mère a comme modalités 19 ans ou moins, entre 20 et 34 ans, 35 ans ou plus.
- Le niveau d'instruction de la mère renseigne sur l'ouverture des femmes aux valeurs modernes relatives à l'alimentation et aux soins de l'enfant. Ses modalités sont : Non instruite (aucun niveau d'instruction) vs instruite (niveau d'instruction primaire ou plus).

- La taille du ménage, c'est le nombre de membres du ménage. Ses modalités sont moins 4 personnes, 4 ou 5 personnes, 6 ou 7 personnes, 8 personnes ou plus.
- Le niveau de vie du ménage renseigne sur la possession des biens du ménage comme la télévision et les bicyclettes, les matériaux de construction de l'habitat, le mode d'approvisionnement en eau et le type d'aisance. Il a cinq modalités : très pauvre, pauvre, moyen, riche et très riche.
- Le fait que le ménage ait été victime d'un cyclone est une variable déclarative qui prend les valeurs oui ou non. 34 % des enfants de moins de 5 ans vivent dans des ménages qui ont déclaré avoir subi des pertes du fait de cyclones dans les 12 derniers mois.
- Le milieu de résidence renseigne sur l'effet de l'environnement socioéconomique. Il a pour modalités rural, autre ville, capitale.

3. Des méthodes d'analyse statistique classiques

L'analyse des données repose principalement sur les méthodes statistiques descriptives bivariées et multivariées. Les premières, à savoir les tableaux croisés accompagnés des mesures de test du chi-deux, ont permis d'évaluer les pourcentages d'enfants qui ont été déclarés malades et les pourcentages d'enfants malnutris, et de montrer comment ils varient selon les caractéristiques susmentionnées.

Les dernières reposent sur des modèles de régression logistique, dont des modèles multiniveaux. Nous prenons ici en compte la structure hiérarchique des données en distinguant le niveau individuel auquel nous lions les caractéristiques de l'enfant et de son ménage, et le niveau de la grappe, qui porte les informations contextuelles. Nous mettons ainsi en œuvre 4 modèles différents pour évaluer les effets des variables indépendantes sur nos différentes variables d'intérêt : un modèle logistique classique (M0) et trois modèles multiniveaux emboîtés. Nous utilisons d'abord un modèle vide avec constante aléatoire (M1) afin d'évaluer la pertinence de l'analyse multiniveau. Ensuite, l'intégration à ce modèle des caractéristiques individuelles et de celles du ménage permet une première estimation de leurs rôles relatifs (M2). Enfin, l'ensemble des variables est évalué par un modèle contextuel (M3) ou modèle complet toujours à constante (ou intercept) aléatoire, qui ajoute au modèle M2 les caractéristiques contextuelles (des grappes). La comparaison des résultats de ce dernier modèle (M3) avec ceux du modèle logistique classique (M0) permet d'appréhender l'apport du modèle multiniveau par rapport au modèle classique. Pour estimer ces modèles, le logiciel SAS version 9.4 a été utilisé.

Morbidité et malnutrition des enfants sont différemment corrélées aux caractéristiques des enfants, de leur mère, de leur ménage et de l'environnement

Le tableau 1 ci-dessous montre qu'au seuil de 5 %, beaucoup de variables sont significativement associées à l'état sanitaire des enfants. Une plus forte morbidité des enfants est associée au fait de vivre dans la capitale, que la mère soit plus instruite, qu'elle soit jeune, que le niveau de vie du ménage soit plus élevé, que le ménage comprenne au plus 3 personnes, pour les enfants de moins de 1 an et ceux au moins partiellement vaccinés et les grappes situées au moins deux fois sur la trace d'un cyclone dans les 12 derniers mois. En revanche le sexe de l'enfant, l'état nutritionnel, la variable ménage victime de cyclone, la proportion de ménages pauvres dans la grappe, la proportion de mères instruites dans la

grappe et la proportion de ménages déclarés victimes de cyclone dans la grappe ne montrent pas de lien particulier avec l'état sanitaire des enfants.

En ce qui concerne la nutrition, il ressort que les variables ménage victime de cyclone, niveau d'instruction de la mère, proportion de mères instruites dans la grappe, proportion de ménages pauvres dans la grappe et nombre de fois que la grappe est sur la trace d'un cyclone ne sont pas significativement associées à l'état nutritionnel des enfants. La malnutrition des enfants est marquée pour les enfants entre 3 et 5 ans, pour les garçons, pour les enfants au moins partiellement vaccinés, pour les enfants de mère de plus de 20 ans, dans les ménages de plutôt grande taille, de niveau de vie moyen, ceux qui se déclarent victimes de cyclones ou qui vivent dans des lieux où beaucoup d'enquêtés se sont déclarés victimes de cyclones, et ceux qui sont établis en milieu rural.

Ainsi, le fait de vivre dans un ménage qui a déclaré avoir souffert des cyclones dans l'année passée ne semble pas corrélé à l'état sanitaire des enfants, et très peu à la nutrition. Le fait de vivre dans un lieu où une grande proportion de ménages ont déclaré avoir été victime de cyclones n'est pas en lien avec des difficultés sanitaires particulières non plus. En revanche, cette variable contextuelle montre un lien significatif avec l'état nutritionnel des enfants. Ces résultats doivent être affinés par des modèles multivariés.

S'agissant des caractéristiques environnementales continues, les tests d'associations révèlent un lien au niveau de confiance de 95 % entre l'état sanitaire des enfants et l'aridité de la grappe d'habitation, l'indice de bâti de la grappe, et les distances de la grappe par rapport aux quatre cyclones Fame, Jokwe, Éric et Jade. En revanche, aucun lien particulier n'est établi avec l'altitude de la grappe, la proximité avec un cours d'eau et la distance aux trajectoires des cyclones Ivan et Fanele. Pour ce qui est de l'état nutritionnel, on observe une forte association bivariée avec toutes les caractéristiques environnementales mobilisées à l'exception de la distance de la grappe à la trajectoire du cyclone Ivan.

Tableau 1. Associations entre la santé, la malnutrition des enfants et les caractéristiques individuelles et contextuelles

Variables explicatives	État sanitaire		P-value du test de Khi-deux	État nutritionnel		P-value du test de Khi-deux
	Non malade (En %)	Malade (En %)		Bien nourri (En %)	Malnutri (En %)	
Âge de l'enfant						
Moins d'un an	75,67	24,33	< 0,0001	74,9	25,1	< 0,0001
Entre 1 an et moins de 3 ans	76,12	23,88		55,07	44,93	
Entre 3 ans et 5 ans	85,64	14,36		48,67	51,33	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Sexe de l'enfant						
Garçon	79,81	20,19	0,9588	54,08	45,92	0,0004
Fille	79,85	20,15		59,12	40,88	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	

Variables explicatives	État sanitaire		P-value du test de Khi-deux	État nutritionnel		P-value du test de Khi-deux
	Non malade (En %)	Malade (En %)		Bien nourri (En %)	Malnutri (En %)	
Situation vaccinale de l'enfant						
Non vacciné	82,73	17,27	0,0004	64,72	35,28	< 0,0001
Partiellement ou complètement vacciné	79,23	20,77		55,01	44,99	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
État sanitaire de l'enfant						
Non malade				56,86	44,61	0,4108
Malade				55,39	43,43	
Total				56,57	43,43	
État nutritionnel						
Bien nourri	80,32	19,68	0,4108			
Malnutri	79,36	20,64				
Total	79,83	20,17				
Âge de la mère						
Moins de 20 ans	75,55	24,45	< 0,0001	66,73	33,27	< 0,0001
Entre 20 et 35 ans	79,92	20,08		55,5	44,5	
35 ans et plus	81,62	18,38		55,12	44,88	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Niveau d'instruction mère						

Variables explicatives	État sanitaire		P-value du test de Khi-deux	État nutritionnel		P-value du test de Khi-deux
	Non malade (En %)	Malade (En %)		Bien nourri (En %)	Malnutri (En %)	
Non instruite	81,83	18,17	0,0008	57,76	42,24	0,2937
Instruite	79,03	20,97		56,1	43,9	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Taille du ménage						
Moins de 4 personnes	76,94	23,06	0,0116	60,98	39,02	0,0164
Entre 4 et moins de 6	90,24	9,76		57,18	42,82	
Entre 6 et 7	80,57	19,43		53,54	46,46	
Plus de 7	80,93	19,07		57,22	42,78	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Niveau de vie du ménage						
Très pauvre	82,02	17,98	< 0,0001	58,21	41,79	< 0,0001
Pauvre	80,40	19,60		52,78	47,22	
Moyen	80,38	19,62		53,22	46,78	
Riche	79,70	20,30		52,79	47,21	
Très riche	74,64	25,36		66,49	33,51	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Ménage victime de cyclone						
Non	80,09	19,91	0,3622	57,63	42,37	0,0406
Oui	79,38	20,62		54,56	45,44	
Total	79,84	20,16		56,55	43,45	
Milieu de résidence						
Capitale	65,36	34,64	< 0,0001	61,26	38,74	< 0,0001
Autre ville	78,12	21,88		64,47	35,53	
Rural	80,99	19,01		55,04	44,96	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	

Variables explicatives	État sanitaire		P-value du test de Khi-deux	État nutritionnel		P-value du test de Khi-deux
	Non malade (En %)	Malade (En %)		Bien nourri (En %)	Malnutri (En %)	
Proportion de mères instruites dans la grappe						
Faible	81,11	18,89	0,0741	58,57	41,43	0,1457
Elevée	79,48	20,52		56,03	43,97	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Proportion de ménages pauvres dans la grappe						
Faible	79,69	20,31	0,7135	55,16	44,84	0,0679
Elevée	79,95	20,05		57,78	42,22	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Nombre de fois que la grappe est sur la trace d'un cyclone						
Aucune	79,94	20,06	< 0,0001	56,08	43,92	0,7648
Une fois	82,12	17,88		56,82	43,18	
Deux fois	76,57	23,43		57,37	42,63	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Proportion de ménages déclarés victimes de cyclone dans la grappe						
Faible	79,57	20,43	0,3315	58,22	41,78	0,001
Elevée	80,35	19,65		53,2	46,8	
Total	79,83	20,17		56,57	43,43	
Caractéristiques environnementales continues						
	Moyenne (Erreur-type)		P-value du t-test	Moyenne (Erreur-type)		P-value du t-test
	Non malade	Malade		Bien nourri	Malnutri	
Altitude de la grappe (en m)	597,3 (8,89)	573,1 (17,56)	0,22	533,4 (10,14)	669,4 (12,41)	< 0,0001
Aridité	39,68 (0,21)	40,93 (0,42)	0,009	39,11 (0,26)	41 (0,28)	< 0,0001
Proximité de la grappe à un cours d'eau (en m)	61702,8 (754)	60247,8 (1434,9)	0,38	59010,8 (880,8)	64535,7 (1020,4)	< 0,0001
Indice de bâti	0,04 (0,002)	0,07 (0,006)	< 0,0001	0,05 (0,002)	0,04 (0,002)	0,005
Distance de la grappe au cyclone Fame (en Km)	294,1 (3,34)	276,1 (6,47)	0,01	290,3 (3,96)	290,7 (4,5)	0,93
Distance de la grappe au cyclone Ivan	218,1 (2,07)	223 (4,05)	0,28	215,4 (2,47)	223,9 (2,75)	0,02

Variables explicatives	État sanitaire		P-value du test de Khi-deux	État nutritionnel		P-value du test de Khi-deux
	Non malade (En %)	Malade (En %)		Bien nourri (En %)	Malnutri (En %)	
Distance de la grappe au cyclone Jokwe	668,5 (4,95)	648,6 (9,76)	0,07	638,4 (6,02)	698,5 (6,41)	< 0,0001
Distance de la grappe au cyclone Fanele	379,6 (4,14)	390,6 (8,2)	0,23	400,2 (5,06)	357,9 (5,33)	< 0,0001
Distance de la grappe au cyclone Éric	276,9 (2,09)	263,1 (3,98)	0,003	284,7 (2,53)	260,4 (2,69)	< 0,0001
Distance de la grappe au cyclone Jade	269 (2,34)	250,9 (4,37)	0,0005	270,2 (2,78)	258,9 (3,09)	0,007

Source : Exploitation des données EDSMD, 2008-2009 et MétéoFrance

Les résultats de l'analyse multivariée montrent un lien aux cyclones significatif

1. Sur l'état morbide des enfants

Modèle vide

Le modèle vide permet d'évaluer la pertinence de l'analyse multiniveau. Dans ce modèle deux paramètres sont estimés : l'intercept (β_0) et la variance intergroupe ($\sigma_{u_0}^2$). D'après le tableau 2, une estimation par maximum de vraisemblance de β_0 est $\hat{\beta}_0 = -1,48$ et celui de $\sigma_{u_0}^2$ est $\hat{\sigma}_{u_0}^2 = 0,48$. Notons qu'au risque 5 %, le test de nullité de $\sigma_{u_0}^2$ rejette fortement l'hypothèse H_0 . Donc la variance inter-grappe est statistiquement différente de 0. Cela traduit le fait que la grappe d'habitation influence significativement l'état morbide des enfants. En outre, dans un modèle logistique multiniveau, la variabilité individuelle est estimée par $\hat{\sigma}_{\varepsilon_{ij}}^2 = 3,28$ (Bringé et Golaz, 2017). La corrélation intra-grappe (ρ) qui représente la part de la variance contextuelle dans la variance totale est estimée ici par : $\hat{\rho} = 12,73\%$. Ainsi, 12,73 % des variations de l'état morbide des enfants est attribuable à l'effet des grappes auxquels ces enfants appartiennent. En résumé, le modèle vide a permis de mettre en lumière les effets des grappes dans l'explication de la variabilité de l'état morbide des enfants. Cependant, il est important d'identifier les facteurs pouvant nous aider à mieux comprendre ces effets. Le modèle vide ne permet pas d'analyser en détail ces effets. Pour ce faire, il faudra procéder à leur décomposition suivant les variables caractérisant chaque niveau afin de mettre en évidence les effets nets de ces variables dans l'explication du phénomène étudié.

Modèle individuel

Dans la partie aléatoire de ce modèle, on constate sous l'hypothèse nulle que la variance inter-grappe ($\sigma_{u_0}^2$) est significativement différente de zéro puisque sa valeur estimée ($\hat{\sigma}_{u_0}^2 = 0,49$) est significativement non nulle au seuil de 1 % (voir Tableau 2). Ceci conforte davantage la prise en compte des effets contextuels dans l'analyse. En outre, on constate une augmentation de 2,10 % de cette variabilité par

rapport au modèle vide (passant de 0,48 à 0,49). Ce qui traduit que les variables introduites dans le modèle n'ont pas apporté grande chose dans l'explication de l'hétérogénéité non observée.

Modèle contextuel

Dans la partie aléatoire de ce modèle, on constate sous l'hypothèse nulle que la variance inter-grappe ($\sigma_{u_0}^2$) est significativement différente de zéro puisque sa valeur estimée $\widehat{\sigma_{u_0}^2} = 0.40$ est significativement non nulle au seuil de 1 % (voir Tableau 2). En outre, on constate également une réduction de 16,33 % de cette variance par rapport au modèle vide (passant de 0,401 à 0,48). Ce qui montre que l'introduction des variables contextuelles dans le modèle a permis de réduire l'hétérogénéité non observée au niveau des grappes de 16,33 % par rapport au modèle vide.

Dans la partie fixe du modèle, on constate toutes choses égales par ailleurs que les enfants de 3 à 5 ans risquent moins d'être malades que ceux âgés de moins d'un an avec un Odds Ratio (OR) de 0,464 ($OR = e^{-0,767} = 0,464$). Cependant, les risques de contracter une de nos trois pathologies sont quasi-similaires entre ceux âgés de moins d'un an et ceux âgés d'un an révolu. Les enfants non vaccinés ont plus de risque d'être malade que leurs congénères partiellement ou complètement vaccinés ($OR = e^{0,386} = 1,47$), ceux vivant dans la capitale Antananarivo risquent plus d'être malades que les enfants des zones rurales ($OR = e^{1,074} = 2,92$). Le risque pour un enfant d'être malade tend à augmenter lorsque le niveau de vie du ménage dans lequel il vit augmente. Les enfants qui vivent dans un ménage ayant déclaré être victime de cyclone risquent plus d'être malade que ceux des ménages n'ayant pas déclaré avoir été victime de cyclone ($OR = e^{0,188} = 1,2$) ; ceux vivant dans les grappes qui se sont trouvées sur la trace d'un cyclone une seule fois risquent moins d'être malade que ceux des grappes s'étant trouvées deux fois sur la trace d'un cyclone ($OR = e^{-0,486} = 0,61$). Il est également ressorti du modèle que lorsque l'altitude de la grappe augmente, le risque pour les enfants d'être malade diminue. En revanche, plus une grappe est proche d'un cours d'eau, plus les enfants qui y vivent ont un risque plus accru d'être déclaré malade. Enfin, plus une grappe est proche de la trajectoire du cyclone Ivan, plus les enfants qui y vivent risquent plus d'être déclaré malade. Pour les autres cyclones, la position de la grappe par rapport leurs trajectoires n'a pas eu d'effet significatif sur la situation morbide des enfants.

Nous voyons à travers ces résultats que les cyclones ont globalement un impact sur la santé des enfants. Cet effet est particulièrement fort pour les ménages vivant à proximité de la trajectoire du cyclone Ivan, qui ont subi le passage de deux des cyclones les plus violents au moins, et qui ont déclaré en avoir souffert.

L'absence de lien obtenue entre les autres cyclones et la santé des enfants peut se comprendre dans la mesure où les effets des cyclones ont tendance à s'estomper dans le temps. Rappelons ici que la morbidité porte sur les deux semaines précédant le passage de l'enquêteur alors que les cyclones remontent parfois déjà à quelques mois. Dans cette perspective, pour affiner nos résultats, nous avons essayé de tenir compte du lien temporel entre le moment de passage des cyclones et le moment de l'enquête. Ainsi, pour les grappes situées sur le passage d'un cyclone et enquêtées au cours du mois suivant, les variables en lien avec la distance aux trajectoires des cyclones n'ont pas eu d'effet sur l'état morbide des enfants. Le même constat est fait pour les grappes ayant été enquêtées entre 1 et 12 mois suivant le passage des cyclones. Notre démarche n'aboutit donc pas à un lien plus significatif, mais il est probable qu'ici la qualité des données est un enjeu, à la fois dans la construction du 'rayon d'action' du cyclone autour de la trajectoire de son œil, mais aussi du fait du petit nombre de grappes concernées, c'est-à-dire enquêtées dans le mois suivant un cyclone destructeur.

Tableau 2 Les facteurs de l'état morbide des enfants

Variables	Modèle logistique		Modèle multiniveau	
	Modèle vide		Modèle individuel	Modèle contextuel
<i>Intercept</i>	- 1,288**	- 1,488***	- 1,322***	- 1,247***
Caractéristiques individuelles				
Âge de l'enfant				
Moins d'un an	Réf		Réf	Réf
1 ou 2 ans	- 0,059ns		- 0,0985ns	- 0,096ns
3 ou 4 ans	- 0,689***		- 0,768***	- 0,767***
Sexe de l'enfant				
Garçon	0,011ns		- 0,004ns	- 0,002ns
Fille	Réf		Réf	Réf
Situation vaccinale de l'enfant				
Non vacciné	0,274***		0,369***	0,386***
Partiellement ou complètement vacciné	Réf		Réf	Réf
Âge de la mère				
Moins de 20 ans	Réf		Réf	Réf
Entre 20 et 35 ans	- 0,125ns		- 0,142ns	- 0,126ns
35 ans et plus	- 0,152ns		- 0,187**	- 0,165ns
Niveau d'instruction de la mère				
Non instruite	Réf		Réf	Réf
Instruite	0,11ns		0,0915ns	0,138*
Niveau de vie				
Très pauvre	Réf		Réf	Réf
Pauvre	0,146*		0,134ns	0,179*
Moyen	0,297***		0,198*	0,329***
Riche	0,344***		0,188*	0,357***
Très riche	0,351**		0,104ns	0,269*
Ménage qui déclare avoir été victime de cyclone				
Non	Réf		Réf	Réf
Oui	0,134*		0,169**	0,188**
Caractéristiques contextuelles				
Milieu de résidence				
Rural	Réf		Réf	Réf
Autre ville	0,037ns		0,107ns	0,078ns

Variables	Modèle logistique		Modèle multiniveau	
		Modèle vide	Modèle individuel	Modèle contextuel
Capitale	0,899***		0,968***	1,074***
Proportion de ménages pauvres dans la grappe				
Faible	Réf			Réf
Elevée	0,171*			0,169ns
Proportion de mères instruites dans la grappe				
Faible	Réf			Réf
Elevée	0,019ns			- 0,033ns
Nombre de fois que la grappe est sur la trace d'un cyclone				
Aucune	- 0,127ns			- 0,242ns
Une fois	- 0,358***			- 0,486**
Deux fois	Réf			Réf
Proportion de ménages déclarés victimes de cyclone dans la grappe				
Faible	Réf			Réf
Elevée	- 0,049ns			- 0,048ns
Autres caractéristiques contextuelles				
Aridité	- 0,003ns			0,006ns
Altitude	- 0,367***			- 0,384***
Proximité	0,141***			0,149***
Distance_fame1	- 0,165*			- 0,132ns
Distance_ivan1	0,121**			0,136*
Distance_jokwe1	0,015ns			- 0,023ns
Distance_eric1	- 0,021ns			- 0,012ns
Distance_fanele1	- 0,0231ns			- 0,066ns
Distance_jade1	- 0,032ns			- 0,038ns
<i>Partie aléatoire</i>				
$\widehat{\sigma}_{u_0}^2$		0,48***	0,49***	0,4016***
$\hat{\rho}$		12,73%	12,97%	10,88%
Variation de la variance par rapport au modèle vide			2,10 %	- 16,33 %
D de Somers	26,9 %			

Note : seuils de significativité : nsp ≥ 0,05 ; *p < 0,05 ; **p < 0,01 ; ***p < 0,001. Réf = Référence, toutes les variables numériques sont centrées et réduites.

Source : Exploitation des données EDSMD, 2008-2009 et MétéoFrance

2. Sur l'état nutritionnel des enfants

Modèle vide

D'après le tableau 3, une estimation par maximum de vraisemblance de β_0 est $\hat{\beta}_0 = -0,3211$ et celui de $\sigma_{u_0}^2$ est $\hat{\sigma}_{u_0}^2 = 0,4363$. Notons qu'au risque 5 %, le test de nullité de $\sigma_{u_0}^2$ rejette fortement l'hypothèse H_0 . Donc la variance inter-grappe est statistiquement différente de 0. Cela traduit le fait que la grappe d'habitation influence significativement l'état nutritionnel des enfants. La corrélation intra-grappe (ρ) qui représente la part de la variance contextuelle dans la variance totale est estimée ici par : $\hat{\rho} = 11,70\%$. Ainsi, 11,70 % des variations de l'état nutritionnel des enfants est attribuable à l'effet des grappes auxquels ces enfants appartiennent. En résumé, le modèle vide a permis de mettre en lumière les effets des grappes dans l'explication de la variabilité de l'état nutritionnel des enfants. Cependant, il est important d'identifier les facteurs pouvant nous aider à mieux appréhender ces effets.

Modèle individuel

Dans la partie aléatoire de ce modèle, on constate sous l'hypothèse nulle que la variance inter-grappe ($\sigma_{u_0}^2$) est significativement différente de zéro puisque sa valeur estimée ($\hat{\sigma}_{u_0}^2 = 0,44$) est significativement non nulle au seuil de 1 % (voir Tableau 3). Ceci conforte davantage la prise en compte des effets contextuels dans l'analyse. Cependant, on constate une augmentation de 1,60 % de cette variabilité par rapport au modèle vide (passant de 0,436 à 0,443). Ce qui traduit que les variables introduites dans le modèle n'ont pas apporté grande chose dans l'explication de l'hétérogénéité non observée.

Modèle contextuel

Dans la partie aléatoire de ce modèle, on constate sous l'hypothèse nulle que la variance inter-grappe ($\sigma_{u_0}^2$) est significativement différente de zéro puisque sa valeur estimée $\hat{\sigma}_{u_0}^2 = 0,29$ est significativement non nulle au seuil de 1 % (voir Tableau 3). En outre, on constate également une réduction de 32,20 % de cette variance par rapport au modèle vide (passant de 0,436 à 0,295). Ce qui montre que l'introduction des variables contextuelles dans le modèle a permis de réduire l'hétérogénéité non observée au niveau des grappes de 32,20 % par rapport au modèle vide.

Dans la partie fixe du modèle, on constate que la probabilité d'être malnutri pour un enfant ayant le profil de référence est estimée à : $\hat{p}_0 = 0,28$. En ce qui concerne les estimations des autres paramètres fixes du modèle, on constate toutes choses égales par ailleurs que les enfants âgés de 3 à moins de 5 ans risquent plus d'être malnutris que ceux âgés de moins d'un an avec un OR de 3,48 ($OR = e^{1,247} = 3,48$). Également, ceux âgés entre un et moins de deux ans risquent plus d'être malnutris que ceux âgés de moins d'un an avec un OR de 2,58. Les garçons risquent plus d'être malnutris que les filles ($OR = 1,26$). Pour l'effet du niveau de vie du ménage, le modèle n'a permis de discriminer que les enfants de ménages très riches à ceux des ménages très pauvres ; les enfants des ménages très riches risquent moins d'être malnutri que leurs homologues de ménages très pauvres (avec un $OR = 0,44$). Les enfants qui ont été victimes d'épisode de maladie dans les deux semaines avant l'enquête risquent plus d'être malnutri que ceux n'ayant pas été malade ($OR = 1,27$).

Pour les variables contextuelles, il ressort que les enfants vivants dans les grappes où la proportion de ménages pauvres est élevée risquent plus d'être malnutris que ceux des grappes où cette proportion

est faible (OR = 1,36) et ceux vivant dans les grappes où la proportion de ménages déclarés victimes de cyclone est élevée risquent plus d’être malnutris que ceux des grappes où cette proportion est faible (OR = 1,28). Il ressort également du modèle que lorsque l’altitude de la grappe augmente, le risque pour les enfants d’être malnutris augmente. Cependant, les variables liant le lieu de résidence à la trajectoire des cyclones n’ont pas de lien marqué avec l’état nutritionnel des enfants. Une fois de plus comme dans le cas de l’état morbide, ces résultats peuvent peut-être se comprendre dans la mesure où les effets des cyclones varient avec le temps qui s’est écoulé depuis leur passage.

Afin de vérifier ce qu’il en est, nous tenons compte du moment de passage des cyclones et des dates auxquelles les grappes de l’enquête ont été enquêtées. Dans les grappes enquêtées au cours du mois suivant le passage d’un cyclone, le risque pour un enfant d’être malnutri augmente en ce qui concerne les cyclones Éric et Jade. Pour les grappes ayant été enquêtées entre 1 et 12 mois suivant le passage des cyclones, on observe également des effets significatifs des cyclones sur la situation nutritionnelle des enfants avec une augmentation du risque de malnutrition en ce qui concerne les cyclones Jokwe et Fanele. En somme, ces résultats montrent que lorsqu’on tient compte du lien temporel entre le passage des cyclones dans les grappes et le moment de l’enquête, le passage des cyclones a globalement des effets significatifs sur l’état nutritionnel des enfants, même si les chefs de ménages enquêtés n’avaient pas forcément déclaré avoir subi de pertes.

Tableau 3 Les facteurs de l’état nutritionnel des enfants

Variables	Modèle multiniveau			
	Modèle logistique	Modèle vide	Modèle individuel	Modèle contextuel
<i>Intercept</i>	-1,201***	-0,321***	-1,521***	-1,253***
Caractéristiques individuelles				
Âge de l’enfant				
Moins d’un an	Réf		Réf	Réf
Entre 1 an et moins de 3 ans	0,883***		0,935***	0,949***
Entre 3 ans et 5 ans	1,171***		1,231***	1,247***
Sexe de l’enfant				
Garçon	0,216***		0,247***	0,239***
Fille	Réf		Réf	Réf
Situation vaccinale de l’enfant				
Non vacciné	-0,248**		-0,275**	-0,26**

Variables	Modèle logistique		Modèle multiniveau	
		Modèle vide	Modèle individuel	Modèle contextuel
Partiellement ou complètement vacciné	Réf		Réf	Réf
État morbide				
Non malade	Réf		Réf	Réf
Malade	0,242**		0,21**	0,246**
Âge de la mère				
Moins de 20 ans	Réf		Réf	Réf
Entre 20 et 35 ans	0,199ns		0,24*	0,182ns
35 ans et plus	0,116ns		0,159ns	0,097ns
Niveau d'instruction de la mère				
Non instruite	Réf		Réf	Réf
Instruite	0,021ns		0,071ns	0,028ns
Niveau de vie				
Très pauvre	Réf		Réf	Réf
Pauvre	0,077ns		0,094ns	0,036ns
Moyen	-0,119ns		0,034ns	-0,144ns
Riche	-0,164ns		0,023ns	-0,205ns
Très riche	-0,741***		-0,580***	-0,809***
Ménage victime de cyclone				
Non	Réf		Réf	Réf
Oui	-0,033ns		0,078ns	-0,007ns
Caractéristiques contextuelles				
Milieu de résidence				
Autre ville	-0,114ns		-0,151ns	-0,097ns
Capitale	-0,105ns		0,129ns	-0,087ns
Rural	Réf		Réf	Réf
Proportion de ménages pauvres dans la grappe				
Faible	Réf			Réf
Elevée	0,288**			0,312***
Proportion de mères instruites dans la grappe				
Faible	Réf			Réf
Elevée	0,049ns			0,028ns
<i>Nombre de fois que la grappe est sur la trace d'un cyclone</i>				
Aucune	0,052ns			0,053ns

Variables	Modèle logistique	Modèle multiniveau		
		Modèle vide	Modèle individuel	Modèle contextuel
Une fois	- 0,072ns			- 0,054ns
Deux fois	Réf			Réf
Proportion de ménages qui déclarent avoir été victime de cyclone dans la grappe				
Faible	Réf			Réf
Elevée	0,25**			0,253*
Autres caractéristiques contextuelles				
Aridité	0,073ns			0,104ns
Altitude	0,252***			0,283***
Proximité	0,00005ns			- 0,009ns
Distance_fame1	0,0039ns			0,048ns
Distance_ivan1	0,044ns			0,035ns
Distance_jokwe1	0,306ns			0,223ns
Distance_eric1	- 0,075ns			- 0,138ns
Distance_fanele1	0,124ns			0,088ns
Distance_jade1	0,072ns			0,166ns
<i>Partie aléatoire</i>				
$\widehat{\sigma}_{u_0}^2$		0,436***	0,443***	0,295***
$\hat{\rho}$		11,70%	11,87%	8,24%
Variation de la variance par rapport au modèle vide			1,60 %	- 32,20 %
D de Somers	35,3%			

Note : seuils de significativité : nsp $\geq 0,05$; *p < 0,05 ; **p < 0,01 ; ***p < 0,001. Réf = Référence, toutes les variables numériques sont centrées et réduites.

Source : Exploitation des données EDSMD, 2008-2009 et MétéoFrance

Morbidité, malnutrition et environnement

Les problèmes de morbidité environnementale et de malnutrition sont parmi les principaux obstacles au développement dans les pays en développement. Elles sont responsables de nombreux décès infanto-juvéniles en Afrique et à Madagascar en particulier (INSTAT et ICF, 2010). Ce travail avait donc pour objectif d'analyser l'impact des cyclones sur le risque de morbidité (fièvre, diarrhée, toux) et de malnutrition chronique dans ce pays. Les travaux antérieurs comme ceux de Bouba (2015), Randremana (2012), Tanang (2009), Ndamobissi (2017) menés sur ces questions relèvent que ces phénomènes sont influencés par un ensemble de variables relatives à l'environnement, aux caractéristiques socio-économiques et démographiques. Plusieurs hypothèses de recherche ont alors été formulées par rapport à l'influence des cyclones tout en contrôlant certains facteurs individuels, familiaux et contextuels.

Les résultats de l'étude sur l'état morbide mettent en évidence l'impact de facteurs individuels et familiaux sur la santé des enfants. L'âge de l'enfant, la vaccination, le milieu de résidence, le niveau de vie du ménage et la déclaration d'être victime de cyclone sont des éléments influents. En effet, les enfants de 3 à moins de 5 ans ont un risque moindre de maladie par rapport aux moins d'un an, tandis qu'aucune différence n'est constatée avec ceux de 2 à moins de 3 ans. Cette observation corrobore les résultats précédents de Bouba (2015) sur la morbidité environnementale à Ouagadougou. Ceci peut s'expliquer par le fait que les jeunes enfants voient leur système immunitaire se développer progressivement, avec une diminution des anticorps maternels (Lamberti et al., 2013). Par ailleurs, les enfants non vaccinés présentent un risque significativement plus élevé de maladie que les vaccinés, bénéficiant ainsi d'une immunité plus solide (McCarthy, 2015). Les enfants des ménages aisés sont plus sujets à être déclaré malade que ceux des ménages moins favorisés. Ce dernier résultat est assez intrigant mais pourrait se comprendre avec les biais potentiels dans les déclarations de symptômes.

En ce qui concerne la déclaration du ménage d'être victime de cyclone, il est ressorti que les enfants des ménages ayant déclaré avoir été victimes de cyclones enregistrent un risque de maladie supérieur de 20 % par rapport à ceux des ménages n'ayant pas déclaré avoir été victimes de cyclones au cours des 12 mois précédant l'enquête. En effet, cela s'explique par le fait que les ménages victimes de cyclones sont davantage exposés aux intempéries en raison de la destruction de leurs biens. Ces cyclones ont entraîné près de 1 000 personnes sans abri en janvier 2008 (Saholiarisoa, 2008) et ont détruit 148 500 habitations (BNGRC et al., 2008). En janvier 2009, ils ont provoqué 64 000 personnes sans abri et détruit près de 4 090 logements (UNCT Madagascar, 2009). Ces chiffres témoignent de la violence de ces catastrophes et illustrent l'ampleur de la précarité dans laquelle les ménages victimes se trouvent plongés. Ce résultat nous amène donc à confirmer l'hypothèse 4 (H4) selon laquelle les enfants des ménages victimes de cyclone sont plus exposés aux maladies que ceux des autres ménages.

En revanche, les résultats relatifs aux variables contextuelles révèlent que les facteurs tels que le nombre de fois où la grappe est sur la trajectoire d'un cyclone, la proportion de ménages déclarés victimes de cyclones dans la grappe et la proximité de la grappe par rapport aux trajectoires des cyclones n'ont globalement pas d'impact statistiquement significatif sur l'état de santé des enfants, même après avoir contrôlé les dates de passage des cyclones et les périodes d'enquête des grappes dans les modèles. Cependant, d'autres variables environnementales telles que l'altitude de la grappe et sa proximité avec un cours d'eau ont des effets significatifs sur la santé des enfants. Par conséquent, ces résultats nous conduisent à rejeter les hypothèses H1 à H3 en ce qui concerne l'état de santé des enfants. Toutefois, ceci pourrait se comprendre d'une part sous le prisme de la résilience des communautés. Les communautés malgaches sont souvent solidaires et se soutiennent mutuellement en cas de catastrophes naturelles (Lemena et al. 2021). Lorsque des cyclones frappent, les voisins, les familles élargies et les organisations locales peuvent fournir un soutien pratique, tel que le partage de ressources, l'assistance médicale et la distribution de nourriture, ce qui atténue l'impact sur la santé des enfants. D'autre part, on pourrait évoquer les efforts d'intervention et de secours des autorités malgaches et organismes humanitaires qui interviennent souvent rapidement pour fournir une assistance après le passage des cyclones (BNGRC et al., 2008 ; Unicef, 2021a).

Les résultats concernant l'état nutritionnel ont révélé que la déclaration d'un ménage d'être victime de cyclone dans les 12 mois précédant l'enquête n'a pas d'effet significatif. Ceci amène à rejeter l'hypothèse 4 (H4) pour la nutrition. En revanche, certains facteurs individuels et familiaux tels que l'âge de l'enfant, le sexe de l'enfant, la situation vaccinale de l'enfant, l'état de santé de l'enfant et le niveau de

vie du ménage ont démontré une influence significative. Ces résultats sont cohérents avec plusieurs autres études réalisées dans divers contextes (Aka et al., 2016 ; Harou, 2014 ; Koffi, 2019 ; Ndamobissi, 2017 ; Tanang, 2009 ; Tankari, 2016).

En ce qui concerne les facteurs contextuels, plusieurs variables ont montré un impact significatif sur l'état nutritionnel des enfants. Cela inclut la proportion de ménages pauvres dans la grappe, la proportion de ménages déclarés victimes de cyclone dans la grappe, l'altitude de la zone et la proximité de la grappe à un cours d'eau. Les enfants vivant dans des grappes où la proportion de ménages pauvres est élevée sont plus susceptibles de souffrir de malnutrition par rapport à ceux vivant dans des zones où cette proportion est faible. Cette observation peut être expliquée par le manque d'accès à des conditions de vie de qualité, à l'eau potable, à l'assainissement et à des infrastructures sanitaires dans les communautés défavorisées à Madagascar et renforcé par les catastrophes naturelles (BNGRC et al., 2010). Ces conditions exposent davantage les enfants aux agents pathogènes préjudiciables à leur état nutritionnel. Ces résultats sont cohérents avec des études récentes menées par Njingouo (2020).

De plus, les enfants vivant dans des grappes où la proportion de ménages déclarés victimes de cyclone est élevée présentent un risque plus élevé de malnutrition que ceux vivant dans des zones où cette proportion est faible. Ce constat pourrait s'expliquer également par l'impact des cyclones sur la qualité des habitations et des infrastructures sociales de base au sein de la communauté comme développé ci-dessus. Ce résultat confirme l'hypothèse 2 (H2) selon laquelle les enfants résidant dans les grappes où le pourcentage de ménages touchés par les cyclones est élevé sont plus susceptibles de souffrir de malnutrition que ceux vivant dans des grappes où ce pourcentage est faible.

Cependant, il n'a pas été observé d'effet significatif de la proximité des ménages aux trajectoires des différents cyclones sur l'état nutritionnel des enfants dans le modèle global. Ce qui nous amène à rejeter l'hypothèse H1 (H1). Cependant, lorsqu'on tient compte de la date d'enquête, une observation significative a été faite pour les grappes enquêtées dans le mois suivant le passage des cyclones Éric et Jade. Dans ces grappes, on constate un impact notable sur l'état nutritionnel des enfants, en particulier pour les grappes situées à proximité des trajectoires de ces cyclones. De même, les cyclones Jokwe et Fanele ont également eu un impact significatif sur l'état nutritionnel des enfants des grappes enquêtées entre 1 et 12 mois après leur passage. Ceci permet de confirmer l'hypothèse de recherche (H3).

Ces résultats mettent en lumière des liens contrastés et parfois inattendus entre trajectoires des cyclones, ressenti des ménages, malnutrition et morbidité. Ils appellent donc à être confirmés par d'autres études. Nos analyses ont été limitées par les données disponibles. Ainsi, l'une des données environnementales utilisées, l'aridité, n'était pas fournie pour la date de l'enquête, il s'agit ici d'une estimation antérieure à la date de l'enquête qui ne correspond donc pas aux données environnementales réelles de la période d'enquête. D'autres variables mobilisées, concernant les enfants et leur ménage, sont déclaratives, comme le fait d'être victime de cyclone ou non, ou le fait qu'un enfant ait été malade. Ainsi, certains ménages peuvent déclarer à tort d'avoir été victime de cyclone dans l'espoir de bénéficier d'une assistance, et d'autres au contraire pourraient ne pas l'avoir déclaré en l'absence de perte majeure, d'autant que la profondeur temporelle de la question (les 12 derniers mois) fait appel à la mémoire. De même le fait que la prévalence de la morbidité soit plus élevée chez les ménages les plus aisés et en milieu urbain laisse à penser que les situations morbides ne sont pas appréhendées de la même manière selon la classe sociale. Le travail exploratoire mené ici appelle donc à plus de recherches sur ce sujet. Afin d'aller plus loin dans l'analyse des liens entre cyclones, population et santé, il serait intéressant d'envisager en

perspective d'implanter un observatoire de veille cyclonique dans le pays afin de collecter continuellement les données sur le quotidien des populations au cours des saisons cycloniques afin de permettre des éléments d'analyse longitudinale dans les travaux futurs.

Bibliographie

- Abu-Elyazeed, R. R., Wierzba, T. F., Frenck, R. W. et al. 2004. « Epidemiology of Shigella-associated diarrhea in rural Egyptian children », *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 71, 3: 367-372.
- Aka B.S et al. 2016. « Malnutrition : prévalence et facteurs de risque chez les enfants de 0 à 59 mois dans un quartier périurbain de la ville d'Abidjan », *Médecine et Santé Tropicales*, Vol. 26, pp. 312-317.
- Bandyopadhyay, S., Kanji, S. et Wang, L. 2012. «The impact of rainfall and temperature variation on diarrheal prevalence in Sub-Saharan Africa», *Applied Geography*, 33, 4: 63-72.
- Barbieri, M. 1991. « Les déterminants de la mortalité des enfants dans le tiers monde », *Les dossiers du CEPED*, Paris, n° 18, 46p.
- Bouba, D. F. 2015. Facteurs environnementaux immédiats et santé des enfants dans les zones de l'observatoire de population de Ouagadougou, Thèse présentée à la Faculté des études supérieures et postdoctorales, Département de Démographie, Faculté des arts et des sciences, 264p.
- Bouba, D. F. et al. 2018. « Morbidité des enfants en zones urbaines africaines. Le cas de l'observatoire de population de Ouagadougou (Burkina Faso) », *European Scientific Journal*, Vol. 14, n° 11, pp. 163-193.
- Bringé, A. et Golaz, V. 2017. Manuel pratique d'analyse multiniveau, INED, coll Méthodes et savoirs, 120p.
- Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes (BNGRC) et al. 2008. Plan national de contingence sur les cyclones et les inondations, Madagascar, 48p.
- Bureau National de Gestion des Risques et des Catastrophes (BNGRC) et al. 2010. Plan national de contingence sur les cyclones et les inondations, Madagascar, 42p.
- Fink, G., Günther, I. et Hill, K. 2013. «Urban Mortality Transitions: The Role of Slums», *Program on the Global Demography of Aging PGDA Working Papers*, 9913: 28.
- Government of Madagascar, United Nations, and World Bank, 2008, *Damage, Loss, and Needs Assessment for Disaster Recovery and Reconstruction after the 2008 Cyclone Season in Madagascar*. <https://www.gfdr.org/sites/default/files/publication/pda-2008-madagascar.pdf> consulté le 21 mai 2023.
- Hardoy, J. E., Mitlin, D. et Satterthwaite, D. 2014. *Environmental problems in an urbanizing world: finding solutions in cities in Africa, Asia and Latin America*, Routledge, 440p.
- Harou, M. 2014. Facteurs explicatifs de la malnutrition des enfants de moins de cinq ans selon le milieu de résidence au Tchad, Master professionnel en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, Yaoundé, 167p.
- Henry, S. J. F. et Dos Santos, S. 2013. «Rainfall variations and child mortality in the Sahel: results from a comparative event history analysis in Burkina Faso and Mali», *Population and Environment*, 34, 4: 431-459.
- Institut National de la Statistique (INSTAT). 2013. *Enquête Nationale Sur Le Suivi Des Objectifs Du Millénaire Pour Le Développement À Madagascar, Synthèse des différents thèmes*. Antananarivo, Madagascar : INSTAT, 63p.
- Institut National de la Statistique (INSTAT) et ICF Macro. 2010. *Enquête Démographique et de Santé de Madagascar 2008-2009*. Antananarivo, Madagascar : INSTAT et ICF Macro.

- Institut National de la Statistique (INSTAT) et ICF. 2022. Enquête Démographique et de Santé à Madagascar, 2021. Antananarivo, Madagascar et Rockville, Maryland, USA : INSTAT et ICF.
- Koffi Yao, H. 2019. Évolution et facteurs explicatifs du retard de croissance chez les enfants de moins de cinq ans en Côte d'Ivoire de 2011 à 2016, Master professionnel en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, Yaoundé, 223p.
- Lamberti, L. M., Zakarija-Grković, I., Walker, C. L. F. et al. 2013. «Breastfeeding for reducing the risk of pneumonia morbidity and mortality in children under two: a systematic literature review and meta-analysis», *BMC Public Health*, 13, 3: 1-8.
- Lamboni M. 2010. Facteurs explicatifs de la morbidité diarrhéique chez les enfants de moins de cinq ans au Togo, Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du diplôme de master professionnel en démographie, IFORD, 139p.
- Lemena, H. K., J. C. Ralitera, J. Salava, et M. Randrianalijaona. 2021. « Résilience communautaire et participation paysanne à l'évaluation des risques à Madagascar : importance de l'approche participative ». *Communication, technologies et développement* (9). doi: 10.4000/ctd.4021.
- Li, Y., A. Feng, W. Liu, X. Ma, and G. Dong. 2017. "Variation of Aridity Index and the Role of Climate Variables in the Southwest China." *Water* 9 (10): 743.
- Nations unies. 2022. « A Madagascar, les travailleurs humanitaires s'activent après le passage du cyclone Emnati ». Consulté 7 juin 2023 (<https://news.un.org/fr/story/2022/02/1115132>).
- Mayala B., Fish T.D., Eitelberg D., Dontamsetti T. 2008. *The DHS Program Geospatial Covariate Datasets Manual* Second Edition. Rockville, Maryland, USA : ICF, 49p.
- Mccarthy, A. 2015. La prévalence de la malnutrition chez les enfants et adolescents hospitalisés, Mémoire de Maîtrise en Nutrition, Université de Montréal, Département de Nutrition, Faculté de médecine, Montréal au Canada, 286p.
- Ndamobissi, R. 2017. Les défis sociodémographiques et politiques de la malnutrition des enfants dans les pays d'Afrique du Sahel et de la corne de l'Afrique, Thèse de Doctorat en Sociologie-Démographie, Université de Bourgogne Franche Comté, France, 453p.
- Ngnie-Teta I. 2005. Facteurs de risque de l'anémie chez les femmes et les enfants au Bénin et au Mali, Thèse de Doctorat en Nutrition, Université de Montréal (Canada), 196p + annexes.
- Njingouo M.A. 2020. Facteurs individuels et contextuels de la malnutrition des enfants de moins de cinq ans au Cameroun, Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention du diplôme de master professionnel en démographie, IFORD, 167p.
- Petkova, E. P., Jack, D.W., Volavka-Close, N. H. et al. 2013. « Particulate matter pollution in African cities », *Air Quality, Atmosphere & Health*, 6, 3 : 603-614.
- Peyrusaubes D., 2016, « La gestion du risque cyclonique à Madagascar : retour sur l'épisode «Giovanna» (février 2012) », *Physio-Géo* [En ligne], volume X | 2016, mis en ligne le 20 juin 2016, consulté le 21 mai 2023. URL : <http://journals.openedition.org.ezproxy.campus-condorcet.fr/physio-geo/4938> ; DOI :<https://doi-org.ezproxy.campus-condorcet.fr/10.4000/physio-geo.4938>
- Randremanana, R.V. 2012. Impacts de l'environnement sur les diarrhées infantiles à Madagascar : Analyse du risqué *Campylobacter*, Thèse de Doctorat en santé et environnement, de l'université de Grenoble, France, 165p.
- Randriatsoa D., 2021, Madagascar : Cyclone Éloïse — Plus de mille sinistrés dans le Nord-Est, *L'Express de Madagascar* (Antananarivo) 21 janvier 2021, <https://fr.allafrica.com/stories/202101210368.html>, consulté le 21 mai 2023.

- Saholiarisoa, F., 2009, Madagascar : Cyclone Fame — Douze morts et 6000 sinistrés, L'Express de Madagascar (Antananarivo) 1er février 2008, <https://fr.allafrica.com/stories/200801311215.html>, Consulté le 16 juillet 2021.
- Sena, A., Corvalan, C. et Ebi, K. 2014. «Climate Change, Extreme Weather and Climate Events, and Health Impacts», *Global Environmental Change*, 1, 2: 605-613.
- Shibata, T., Wilson, J. L., Watson, L. M. et al. 2014. «Childhood acute respiratory infections and household environment in an eastern Indonesian urban setting», *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 11, 12: 12190- 12203.
- Tanang, P. 2009. Facteurs explicatifs de la malnutrition des enfants de moins de cinq ans au Cameroun, Master professionnel en Démographie, Université de Yaoundé II Soa, IFORD, Yaoundé, 181p.
- Tankari, M. R. 2016. « Déterminants de la nutrition des ménages en Ouganda : le cas de la diversité alimentaire », *Stateco*, n° 110, pp. 91-103.
- Tereshchenko, I., A. N. Zolotokrylin, E. A. Cherenkova, C. O. Monzón, L. Brito-Castillo, and T. B. Titkova. 2015. "Changes in Aridity across Mexico in the Second Half of the Twentieth Century." *Journal of Applied Meteorology and Climatology* 54 (10): 2047-2062. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0207.1>
- Unicef, 2021a, La crise climatique est une crise des droits de l'enfant : Présentation de l'Indice des risques climatiques pour les enfants. New York: Fonds des Nations Unies pour l'enfance, 124p.
- Unicef, 2021b, Up to 90,000 children in central Mozambique urgently need humanitarian assistance in wake of Cyclone Eloise, Press release 21 Jan. 2021, <https://www.unicef.org/press-releases/90000-children-central-mozambique-urgently-need-humanitarian-assistance-wake-cyclone>, consulté le 21 mai 2023.
- United Nations Country Team (UNCT) Madagascar, 2009, Humanitarian Situation in Madagascar 06 May 2009, Situation report, Antananarivo: United Nations, <https://reliefweb.int/report/madagascar/humanitarian-situation-madagascar-06-may-2009> consulté le 21 mai 2023.
- United Nations World Food Programme, 2006, Madagascar: Comprehensive Food Security and Vulnerability Analysis (CFSVA), Rome, Italie: World Food Programme, Vulnerability Analysis and Mapping Branch (ODAV), 119p.
- Yelbi K. 2018. Les facteurs de risque individuels et contextuels de l'anémie chez les enfants de 6-59 mois au Burkina Faso, Mémoire présenté et soutenu en vue de l'obtention d'un master professionnel en démographie, IFORD, Yaoundé, 172p.