

Tendances de l'Etat Nutritionnel des Jeunes Enfants dans les Pays Francophones du Sahel : 1990-2015*

MICHEL GARENNE

 MICHEL GARENNE, Senior Fellow Ferdi - Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UMI Résiliences - Institut Pasteur, Epidémiologie des Maladies Emergentes, France - MRC/Wits Rural Public Health and Health Transitions Research Unit, School of Public Health, Faculty of Health Sciences, University of the Witwatersrand, Johannesburg.
Email : mgarenne@hotmail.com; michel.garenne@pasteur.fr

Résumé

Les tendances et les différentiels de l'état nutritionnel des enfants sont analysés à partir des données des enquêtes EDS conduites dans les pays francophones du Sahel (Sénégal, Mali, Burkina, Niger, Tchad et Mauritanie). L'étude couvre autant que possible la période de 1990 à 2015, avec, cependant, des variations selon les pays en fonction de la disponibilité des données. Les données de la Mauritanie ne permettent pas d'analyse de tendance, mais seulement celle des différentiels. Les tendances sont analysées au moyen de modèles de régression linéaire selon la cohorte (année de naissance), en tenant compte du sexe et de l'âge. L'analyse différentielle porte sur lieu de résidence, la richesse des ménages, et le niveau d'instruction des adultes. ... / ...

Mots Clés: État nutritionnel ; Anthropométrie ; Enfants de moins de 5 ans ; Tendances ; Différentiels ; Développement économique ; Richesse des ménages ; Niveau d'instruction ; Santé publique ; Sahel.

Codes JEL: A12, I12.

* L'auteur tient à remercier le Dr. André Briend, nutritionniste à l'IRD, pour fournir des conseils sur l'interprétation des données nutritionnelles et des références bibliographiques.

Résumé

... / ... Dans les cinq pays pour lesquels on dispose de suffisamment de données, la taille des enfants de 12-59 mois augmente régulièrement au cours de la période considérée, indiquant une nette amélioration de l'état nutritionnel. Cette augmentation de la taille est particulièrement notable au Sénégal et au Burkina. L'évolution du poids est elle aussi positive, mais plus contrastée et particulièrement faible au Sénégal et au Tchad. Le rapport poids/taille (indice de masse corporelle ou IMC) évolue donc différemment dans les cinq pays : il diminue au Sénégal et au Tchad, est pratiquement constant au Burkina et au Niger, et n'augmente significativement qu'au Mali. Les différences entre les pays sont en partie dues aux différences dans les niveaux de départ (en 1990), et en partie due aux différences dans les évolutions de l'économie et de la santé publique entre les pays. La prévalence des différents types de malnutrition a fortement diminué dans les cinq pays, du fait de l'amélioration moyenne et du fait de la baisse des inégalités, mesurée par la réduction des écarts-type des distributions.

L'ordre de grandeur des différentiels est remarquablement consistant entre les pays. Les différences par sexe en poids, taille et poids-par-taille, sont quasiment identiques, les garçons étant plus grands et plus lourds. L'effet de la résidence urbaine sur la taille est plus marqué au Mali ; celui sur le poids est plus marqué au Burkina et au Niger ; par contre, celui sur le rapport poids/taille est négatif au Mali et au Tchad. Les effets de la richesse des ménages et du niveau d'instruction sont toujours positifs sur le poids et la taille, mais pas sur l'IMC au Sénégal. En Mauritanie, les différentiels sont grosso modo consistants avec ceux des autres pays, mais plus difficiles à interpréter du fait de la faiblesse de l'échantillon. Les catégories les plus favorisées sont proches des standards internationaux, sans être toutefois identiques.

Dans l'ensemble il apparaît que les progrès de la santé publique, et en particulier le contrôle des maladies infectieuses semblent avoir eu un effet notable sur la taille des enfants, mais que la croissance économique a été insuffisante pour permettre une amélioration du rapport poids/taille, tout en permettant cependant de le maintenir en moyenne au cours des 25 ans.

Abstract

Trends and differentials in the nutritional status of children are analyzed using data from DHS surveys conducted in French-speaking Sahelian countries (Senegal, Mali, Burkina-Faso, Niger, Chad and Mauritania). The study covers as much as possible the 1990-2015 period, with variations across countries depending on data availability. Data from Mauritania do not allow for trend analysis, but only for differential analysis. Trends are analyzed using linear regression models by cohort (year of birth), taking into account gender and age. Differential analysis focuses on place of residence, household wealth, and adult level of education.

In the five countries with available data, the height of children aged 12-59 months increased steadily over the period, indicating a marked improvement in nutritional status. This increase in height was particularly notable in Senegal and Burkina Faso. The change in weight was also positive, but more contrasted and particularly weak in Senegal and Chad. Thus, the weight / height ratio (Body-Mass-Index or BMI) evolved differently in the five countries: it decreased in Senegal and Chad, remained virtually constant in Burkina and Niger, and increased only significantly in Mali. Differences between countries were due in part to differences in baseline levels (in 1990), and in part to differences in economic development and in public health. The prevalence of malnutrition declined sharply in all five countries due to average improvements and to decreasing inequality as measured by the reduction in standard deviations.

The order of magnitude of the differentials was remarkably consistent between countries. The sex differences in weight, height and weight-for-height were almost identical, with boys being taller and heavier. The effect of urban residence on height was more marked in Mali; that on weight was more marked in Burkina and Niger; in contrast, that on BMI was negative in Mali and Chad. The effects of household wealth and level of education were always positive on weight and height, but not on BMI in Senegal. In Mauritania, differentials were broadly consistent with those of other countries, but more difficult to interpret because of small sample size. The highest socio-economic groups were close to international standards in weight and height for age.

Overall, progress in public health, and in particular, the control of infectious diseases appears to have had a significant effect on children's height, but economic growth has been insufficient to allow for an improvement in BMI.

Introduction

L'état nutritionnel des enfants est un élément important des transitions sanitaires et du développement économique et social. D'une manière générale, le développement économique, l'amélioration de l'alimentation et les progrès de la médecine et de la santé publique conduisent à une augmentation de la taille adulte et à un meilleur état nutritionnel au cours de la vie, hormis l'évolution récente de l'obésité. L'augmentation de la taille commence le plus souvent dès l'enfance, et se poursuit à l'adolescence, mais reste moins souvent mesurée que l'augmentation de la taille finale des adultes. [Bogin 1999 ; Evelett & Tanner 1976 ; Falkner & Tanner 1986] Outre l'évolution tendancielle sur le long terme, on remarque à un instant donné des différences de l'anthropométrie selon le statut socio-économique : en particulier, la taille des adultes est plus élevée dans les strates socio-économiques favorisées [Deaton 2004 ; Fogel 1994 ; Hohmann & Garenne 2010].

Les pays francophones du Sahel ont fait l'objet d'un intérêt ancien pour l'anthropométrie des enfants et des adultes, dès la période coloniale. Ainsi, on installe en 1920 un « Laboratoire d'Anthropologie et d'Anthropométrie » à l'École de Médecine à Dakar, capitale de l'Afrique Occidentale Française (AOF). En 1946 un grand programme d'étude de l'anthropométrie des populations de l'AOF est lancé, connu sous le nom de la « Mission anthropologique », et une institution spécialisée est créée en 1953: l'Organisme de Recherches sur l'Alimentation et la Nutrition africaines, connu sous son acronyme ORANA, qui conduira de nombreuses enquêtes et études nutritionnelles, jusqu'à sa dissolution en 2000, lors de la création de l'Organisation Ouest-Africaine pour la santé (OOAS) [Bonnecase 2009].

Si l'on dispose de nombreuses données ponctuelles sur l'état nutritionnel des enfants sahéliens, on trouve peu d'études sur ses tendances, que ce soit sur la taille ou sur le poids, et très peu d'études représentatives des populations nationales. Les études de l'OMS sur les tendances regroupent tous les pays d'Afrique de l'Ouest, mais sont peu détaillées, et ne testent pas les tendances [de Onis et al. 2000, 2004, 2010, 2011]. L'étude des tendances est en effet un sujet délicat, et les évolutions des différents paramètres anthropométriques sont souvent complexes et difficiles à interpréter, du fait de l'hétérogénéité des données, de l'imprécision des mesures, et de la lenteur des évolutions à long terme. Les enquêtes EDS (Enquêtes Démographiques et de Santé), mieux connues sous leur acronyme anglais : DHS (*Demographic and Health Surveys*), qui existent depuis près de 30 ans, permettent maintenant de répondre à certaines questions sur l'évolution récente de la taille et du poids des jeunes enfants des pays concernés.

Le but de cette étude est de fournir une vue d'ensemble sur les tendances de l'état nutritionnel des enfants de moins de cinq ans depuis un quart de siècle (1990-2015) dans les pays francophones du Sahel. Ces pays sont en effet particulièrement touchés par la malnutrition dans l'enfance, par des disettes, voire des famines, répétées depuis 1973, ainsi que des pays qui connaissent encore de fortes mortalités dans l'enfance, une hygiène défailante, une alimentation insuffisante, un faible niveau de

développement, un faible niveau de revenu, et un faible niveau d'instruction, malgré les importants progrès qui se sont produits depuis les indépendances en 1960.

Ce document est destiné à la fois aux chercheurs en sciences humaines, aux spécialistes de santé publique, et aux décideurs concernés par les programmes de développement, de population, et de santé qui ne sont pas nécessairement familiers avec les concepts et méthodes de l'épidémiologie nutritionnelle. Il fournit donc des indications générales sur le contexte de l'étude et sur les méthodes utilisées. L'étude se compose de plusieurs sections : des sections d'information générale sur les pays étudiés et l'approche suivie ; une section sur les tendances des paramètres anthropométriques chez les enfants de 12-59 mois ; une section sur les différentiels socio-économiques et leur rôle dans l'évolution de l'état nutritionnel ; une section de synthèse sur les rôles possible de la santé publique et du développement économique dans l'évolution de l'état nutritionnel des enfants ; une dernière section présente une comparaison avec quelques données historiques.

1. Les déterminants de l'évolution de l'état nutritionnel des enfants

Cette section présente un schéma général d'analyse de l'état nutritionnel des jeunes enfants, dans le but de fournir un cadre pour l'interprétation des résultats. En effet, de nombreux paramètres peuvent affecter directement l'état nutritionnel, en particulier l'alimentation (en quantité, qualité, diversité et équilibre), les maladies infectieuses, ainsi que les interactions (synergies) entre infection et nutrition : plus un enfant est malade plus son état nutritionnel est faible, et plus son état nutritionnel est faible plus on a de difficulté à l'alimenter [Scrimshaw et al. 1968 ; Scrimshaw & SanGiovanni 1997].

1.1. Principaux déterminants de l'état nutritionnel

Le schéma 1 détaille les différents niveaux d'analyse et les principaux déterminants de l'état nutritionnel des enfants. En amont, on trouve différents corrélats socio-économiques : environnement physique, urbanisation, revenu, et niveau d'instruction. Pour ce qui concerne les pays du Sahel, l'environnement physique est particulièrement dur, du fait de l'aridité du climat, des aléas climatiques annuels, et des sols tropicaux ingrats. L'urbanisation y est récente, souvent anarchique, et en partie la conséquence de la sécheresse et de la pression de la population en milieu rural, bien plus que d'un développement de l'industrie et des services comme dans d'autres pays. On verra ci-dessous que les revenus y sont très faibles, ainsi que les niveaux d'instruction [Garenne 2016].

Schéma 1: Principaux déterminants de l'état nutritionnel des enfants

Corrélat socio-économiques :	Environnement physique	Urbanisation	Revenus	Education	Connaissances médicales
Environnement nutritionnel :	Alimentation (quantité, qualité, diversité)				
Environnement épidémiologique :	Exposition aux facteurs de risque	Prévention Hygiène	Morbidité	Soins médicaux	Programmes de santé
Systèmes biologiques :	Génétique, adaptation	Système immunitaire	Métabolisme	Système endocrinien	Hérédité
Etat nutritionnel					

L'environnement épidémiologique joue un rôle important sur la morbidité et par conséquent sur l'état nutritionnel : exposition aux maladies infectieuses, prévention et hygiène, soins médicaux et programmes de santé. Il faut noter ici que les programmes de santé (vaccinations, antibiotiques, antipaludéens, moustiquaires imprégnées, réhabilitation nutritionnelle, etc.) peuvent avoir un fort impact sur la morbidité et sur l'état nutritionnel, indépendamment du développement économique et social et de l'alimentation.

Sur le plan biologique, il faut rappeler la complexité des phénomènes qui interviennent sur l'état nutritionnel : le système immunitaire, le système endocrinien, et le métabolisme interagissent et jouent des rôles fondamentaux dans la régulation de la taille et du poids chez l'enfant [Briend et al. 2015 ; Golden 1991 ; Veldhuis et al. 2005].

À ceci il faut ajouter des facteurs génétiques. D'une part le patrimoine génétique de la population influence la taille et la composition corporelle. Les populations sahéniennes sont particulièrement grandes en taille adulte, et élancées (faible rapport poids / taille). De plus la taille des enfants est en partie héritée de celle des parents, ce qui fait que l'évolution de la taille des enfants est en partie déterminée par celle de leurs parents : si les cohortes d'enfants sont nées de parents dont la taille était en augmentation (comme en Europe) elles vont tendre à avoir des tailles elles aussi en augmentation. Mais il faut remarquer ici que la taille des femmes africaines adultes a eu tendance à diminuer pour les femmes nées entre 1960 et 1990, qui ont traversé des crises économiques sévères au moment de l'adolescence. On aurait donc pu s'attendre à des évolutions négatives chez leurs enfants pour cette simple raison, ce qui n'est pas le cas comme on le verra ci-dessous. Il faut noter cependant que les femmes du Sahel semblent avoir été peu affectées par cette crise [Garenne 2011].

1.2. Principales maladies de l'enfance

Le schéma 2 résume les principales maladies qui ont un impact sur l'état nutritionnel des enfants. Tout d'abord les maladies infectieuses de l'enfance : diarrhées, pneumopathies, rougeole et coqueluche, qui peuvent toutes entraîner diverses formes de malnutrition (retard de croissance,

marasme, kwashiorkor, etc.). Elles sont cependant sensibles aux interventions, prévention et soins, comme la réhydratation, les antibiotiques, et la vaccination. À cela il faut ajouter deux infections sévères qui affectent fortement l'état nutritionnel : la tuberculose et le sida, elles aussi susceptibles de prévention et de soins, mais peu fréquentes au Sahel. Les maladies chroniques comme les leucémies et autres formes de cancer sont par contre rares chez les jeunes enfants et sans impact notable sur l'état nutritionnel de la population générale. Le rôle du paludisme, particulièrement important en Afrique sahélienne, sur la malnutrition reste controversé, mais est probablement important au moins du fait de ses conséquences sur l'anémie. Le contrôle de ces maladies, important depuis les années 1960 et bien visible dans la baisse de la mortalité des enfants a dont pu avoir un impact notable sur l'état nutritionnel des jeunes enfants [Garenne & Gakusi 2004].

Schéma 2: Principaux facteurs biologiques de l'état nutritionnel

	Principales maladies	Prévention et soins
Maladies infectieuses de l'enfance	Maladies diarrhéiques Maladies respiratoires Rougeole Coqueluche Paludisme	Réhydratation Antibiotiques Vaccination Vaccination Antipaludéens, moustiquaires
Infectons sévères	Tuberculose Sida	Anti-tuberculeux Anti-rétroviraux
Maladies chroniques Déficits nutritionnels	Leucémies / cancers Energie (calories) Protéine Equilibre du régime alimentaire	Meilleure alimentation Réhabilitation nutritionnelle
Carences alimentaires	Minéraux (zinc, sodium, potassium, magnésium, etc.) Vitamines (A, C, D etc.)	Supplémentation
Facteurs génétiques	Hérédité (parents) Adaptation (ethnie)	

Les déficits nutritionnels sont nombreux chez les populations pauvres et peu développées comme les populations sahéliennes : déficit en énergie, en protéines, mauvais équilibre de la ration alimentaire, auxquels il faut ajouter des carences alimentaires diverses en vitamines, en minéraux, en oligo-éléments etc., documentées depuis les années 1950 [Pales 1949]. Mais tous ces déficits sont susceptibles d'être corrigés par des interventions de santé publique, en particulier les suppléments en vitamine A et en minéraux, ainsi que les différents traitements de la malnutrition sévère.

Il faut aussi noter les effets complexes des facteurs génétiques, considérés souvent comme peu importants entre 0 et 5 ans pour ce qui concerne la taille, mais qui peuvent cependant jouer un rôle sur le rôle sur le rapport poids/taille [Habicht et al. 1974 ; Myatt et al. 2009].

Les observations faites dans cette étude devront être interprétées à la lumière de tous ces phénomènes, ce qui est très délicat. On s'efforcera ici simplement d'attribuer certaines évolutions à l'amélioration des conditions de vie (revenu, éducation), interprétant les autres évolutions positives comme probablement dues à la santé publique (prévention des maladies et soins médicaux).

2. Les dimensions anthropométriques de l'état nutritionnel

Cette section présente les indicateurs anthropométriques utilisés dans cette étude. Tous sont calculés à partir du poids et de la taille, les deux seules mesures disponibles dans les enquêtes EDS. Ce sont les indicateurs les plus classiques, même si ce ne sont pas les seuls ni les plus pertinents [Briend 1989].

2.1. Indicateurs bruts

Le poids (en kg) et la taille (en cm) peuvent s'exprimer en fonction du sexe et de l'âge. Ils permettent d'établir l'indice de masse corporelle (IMC), aussi appelé Indice de Quetelet, calculé comme le rapport du poids (en kg) à la taille (en m²), et qui mesure le degré de maigreur (ou d'obésité). Dans cette étude on a surtout considéré les valeurs moyennes et les écarts-type, et ignoré d'autres indicateurs comme la médiane et les percentiles des distributions.

2.2. Comparaisons avec des normes (Z-score)

La taille-par-âge, le poids-par-âge, et le poids-par-taille peuvent être comparés à des normes anthropométriques pour chaque sexe. La norme utilisée ici est le standard américain développé en 2000 par les Centers of Disease Control, dénoté CDC-2000 [CDC 2000 ; Kuczmarski et al. 2000 ; 2002]. Ce standard a l'avantage d'être très stable, et est particulièrement bien adapté aux pays du Sahel : parmi tous les standards disponibles, c'est celui qui fournit les meilleures valeurs de sensibilité et spécificité pour analyser le risque de décès associé à l'état nutritionnel des enfants [Garenne et al. 2000, 2006]. Les indicateurs correspondants s'expriment en Z-score, c'est-à-dire approximativement le ratio de la différence à la médiane divisé par l'écart-type. En fait les nouveaux standards utilisent le système LMS à trois paramètres pour calculer les Z-scores, qui tient compte de l'asymétrie des distributions, la formule de calcul étant [Cole 1990] :

$$Z = \frac{\left(\frac{x}{M}\right)^L - 1}{L \times S}$$

Où M désigne la médiane, S l'écart-type et L le coefficient d'asymétrie.

Pour cette étude on a donc refait les calculs des Z-scores de taille-par-âge (ZTA), poids-par-âge (ZPA), et poids-par-taille (ZPT) pour chaque enfant, en fonction du sexe et de l'âge selon les normes CDC-2000 et en utilisant le système LMS. On a ignoré les enfants qui avaient des Z-score trop faibles ou trop forts, révélant des erreurs de mesure ou des erreurs d'âge, soit environ 3% des échantillons des enquêtes EDS. Il faut noter que les normes CDC-2000 permettent plus d'estimations que les normes plus anciennes (NCHS-1977) ou que les normes préconisées par l'OMS (MGRS-2005), disponibles dans les enquêtes EDS. D'autres indicateurs peuvent être calculés à partir de ces normes, comme le pourcentage de la médiane, mais ne seront pas utilisés ici.

2.3. Prévalence de la malnutrition

Les normes anthropométriques et le calcul des Z-score permettent de calculer des indicateurs de prévalence de la malnutrition. On a sélectionné les indicateurs les plus classiques de malnutrition, définis par le seuil de $-2,0$ Z-score (Tableau 1). On distingue en particulier :

- Le déficit de poids-par-âge, ou sous-poids, appelé aussi malnutrition totale, (*under-weight* en anglais), dont la prévalence est définie par : $ZPA \leq -2,0$;
- Le déficit de taille-par-âge, ou rabougrissement, appelé aussi malnutrition chronique, (*stunting* en anglais), dont la prévalence est définie par : $ZTA \leq -2,0$;
- Le déficit de poids-par-taille, ou amaigrissement, appelé aussi malnutrition aiguë, (*wasting* en anglais), dont la prévalence est définie par : $ZPT \leq -2,0$;
- Le déficit simultané de taille-par-âge et de poids-par-taille, (*concurrent wasting & stunting* en anglais), dont la prévalence est définie par : $ZPT \leq -2,0$ & $ZTA \leq -2,0$.

Tableau 1: Principaux indicateurs de l'état nutritionnel

	Poids	Taille	Poids et Taille
Indicateur brut (unité)	Poids-par-âge (kg)	Taille-par-âge (cm)	IMC par âge (kg/m^2)
Relatif à une norme (CDC-2000)	Z-score de poids-par-âge (ZPA)	Z-score de taille-par-âge (ZTA)	Z-score de poids-par-taille (ZPT)
Type de malnutrition	Sous-poids (totale)	Rabougrissement (chronique)	Emaciation (aiguë)
Indicateur de prévalence (<i>anglais</i>)	$ZPA \leq -2,0$ <i>Under-weight</i>	$ZTA \leq -2,0$ <i>Stunting</i>	$ZPT \leq -2,0$ <i>Wasting</i>

NB: IMC = Indice de Masse Corporelle

2.4. Typologie des malnutritions

À la suite de John Waterlow [Waterlow 1972 ; 1973] les nutritionnistes font une distinction entre les deux principaux types de malnutrition : l'émaciation ou maigre, définie par le faible poids-par-taille (*wasting*) et le rabougrissement, défini par la faible taille-par-âge (*stunting*), car d'une part les deux phénomènes apparaissent à des âges différents, et d'autre part ils font l'objet d'interventions différentes (prévention et soins). À ces deux catégories on ajoute depuis quelques années la présence simultanée des deux conditions, c'est-à-dire à la fois un faible poids-par-taille et une faible taille-par-âge (*concurrent wasting & stunting*). [Myatt et al. 2018 ; Garenne et al. 2018] Il faut rappeler que le poids-par-âge résume en un seul indicateur les deux dimensions susnommées, et qu'il reste le plus utilisé en pratique. On pourra trouver plus de détails sur ces concepts dans d'autres documents [Garenne 2014].

2.5. Evolutions attendues des paramètres anthropométriques

L'interprétation des paramètres anthropométriques, comme l'étiologie de la malnutrition, font toujours l'objet de débats dans la littérature scientifique. Grosso modo, on considère que les populations malnutries, repérées par des Z-scores moyens inférieurs aux normes internationales, et par de fortes prévalences, doivent évoluer vers des Z-scores moyens proches de 0, et des prévalences de l'ordre des 2,3% qui correspondent aux personnes à gauche des distributions normales des indicateurs de l'état nutritionnel. On s'attend donc à des tendances de Z-score de la taille-par-âge, du poids-par-âge et du poids-par-âge convergeant vers 0, avec le développement économique, l'amélioration des conditions de vie, une meilleure alimentation, et une meilleure santé.

Ceci dit, et comme on le verra dans cette étude, les évolutions peuvent être plus complexes que ce schéma idéal. Le retard en taille peut être considéré comme une adaptation à de faibles niveaux d'alimentation et une forte morbidité, mais la taille-par-âge est aussi affectée par la génétique de la population et par l'hérédité des parents. Les faibles niveaux de poids-par-taille sont à la fois une conséquence de la sous-alimentation et de la morbidité, mais peuvent être un avantage comparatif dans certains cas. On verra ici des cas où la taille a nettement augmenté, mais où le rapport poids-par-taille a stagné voire diminué. Ce phénomène n'est pas nécessairement signe de nouveaux problèmes, mais peut être considéré comme une adaptation à de nouvelles conditions, donnant la préférence à l'augmentation de la taille sur l'augmentation du poids en cas d'amélioration des conditions de vie. Mais il pourrait aussi s'agir de phénomènes différents : la baisse de la morbidité, sans amélioration notable de l'alimentation, pourrait se traduire par une hausse de la taille du fait d'un impact sur les hormones contrôlant la croissance, sans qu'elle n'ait d'effet sur le poids. Ces phénomènes restent mal connus et devront être interprétés avec prudence.

On peut aussi noter que la génétique peut avoir un impact sur la forme anatomique (*Body shape* en anglais), en particulier sur la longueur des membres inférieurs par rapport à la taille assise. Pour les populations africaines, il est clair que les populations sahéniennes et bantoues réagissent différemment à l'amélioration de l'alimentation et de la santé, les premières semblant privilégier la taille des jambes, les secondes ayant nettement plus tendance à l'obésité [Garenne 2011].

3. Données et méthodes

Cette section décrit les données utilisées, et les méthodes d'analyse statistique.

3.1. Données anthropométriques

Les six pays francophones du Sahel disposent de nombreuses enquêtes EDS comportant une information sur l'état nutritionnel (poids et taille des enfants). Mais la couverture varie fortement d'un pays à l'autre. Le Sénégal est le mieux loti, avec 9 enquêtes couvrant la période 1986-2017, et un gros échantillon de 51.735 enfants. Suivent le Mali, avec 5 enquêtes (1987-2013) et 34.018 enfants ; le Burkina avec 4 enquêtes (1993-2010) et 24.236 enfants ; le Niger avec 4 enquêtes (1992-

2012) et 18.017 enfants ; le Tchad avec 3 enquêtes (1997-2015) et 21.233 enfants. Ces gros échantillons, tous représentatifs des populations nationales, permettent des analyses statistiques poussées, car leur taille fournit un haut niveau de signification des tests (souvent avec $P < 10^{-6}$), et de très petits intervalles de confiance. Le cas de la Mauritanie est à part, car ce pays ne possède qu'une seule enquête, ce qui ne permet pas de faire d'étude longitudinale. Il a été cependant conservé, à titre comparatif, pour l'analyse différentielle, malgré la faiblesse de son échantillon (Tableau 2).

Tableau 2: Données disponibles par pays

	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
Nombre d'enquêtes	9	5	4	4	3	1
Nombre d'enfants	51735	34018	24236	18017	21233	3401
Période couverte	1986-2017	1987-2013	1993-2010	1992-2012	1997-2015	2000
Cohortes	1983-2016	1984-2012	1988-2010	1987-2009	1992-2014	

NB : Les données de Mauritanie ne permettent pas d'étude longitudinale, mais seulement l'étude des différentiels.

Les données sur le poids et la taille permettent de calculer l'IMC et les Z-scores de taille-par-âge, poids-par-taille, et poids-par-âge par rapport au standard CDC-2000. Les Z-score ont été recalculés dans chaque cas, en interpolant l'âge exact en jour par rapport aux données par mois d'âge fournies par le CDC-2000. On verra ci-dessous que les données sur l'âge posent problème dans les pays du Sahel, conduisant à de petits biais dans les estimations. Ce sont les données de Z-score qui ont permis de calculer les prévalences de la malnutrition en taille-par-âge, poids-par-taille et poids-par-âge, selon les critères énumérés ci-dessus.

3.2. Données socio-économiques

Deux types de données socio-économiques sont utilisés dans cette étude: des données agrégées (macro) prises dans des bases de données internationales et des données individuelles (micro) provenant des enquêtes. Pour les données macro, les bases de données suivantes ont été utilisées :

- PIB par tête pour les pays : Banque Mondiale, World Development Indicators, 2015 (WDI-2015).
- Urbanisation des pays : Nations Unies, Division de la Population, World Urbanization Prospects 2014 (WUP-2014).
- Taux de mortalité des enfants, Taux de fécondité des femmes : Nations Unies, Division de la Population, World Population Prospects 2017 (WPP-2017).

Les autres indicateurs sont tirés des données individuelles (micro) des enquêtes EDS :

- Le pourcentage résidant en milieu urbain.

- Le niveau de richesse du ménage, défini par un indicateur résumant 10 biens et services modernes disponibles au niveau du ménage (eau courante, toilettes, électricité, radio, télévision, réfrigérateur, bicyclette, motocyclette, automobile ou camion, nature du sol). Cet indicateur varie donc de 0 à 10 selon le nombre de rubriques possédées par le ménage. Cet indicateur est linéairement corrélé à la plupart des indicateurs démographiques (mortalité, fécondité, niveau d'instruction) ainsi qu'aux indicateurs anthropométriques [Hohmann & Garenne, 2010, 2011].
- Le niveau d'instruction du ménage, défini par le nombre d'années de scolarisation des femmes de 20-59 ans dans le ménage, le plus souvent la mère de l'enfant considéré. Cet indicateur varie de 0 à 20 selon le nombre maximal d'années parmi ces femmes. Cet indicateur est lui aussi linéairement corrélé à la plupart des indicateurs démographiques (mortalité, fécondité, niveau d'instruction) ainsi qu'aux indicateurs anthropométriques [Hohmann & Garenne 2010, 2011].

3.3. Méthodes d'analyse

L'analyse des tendances de l'état nutritionnel a été réalisée par régression linéaire sur les indicateurs anthropométriques (Poids, Taille, IMC, Z-score) ou par régression linéaire-logistique sur les indicateurs de prévalence de la malnutrition (poids-par-âge, taille-par-âge, poids-par-taille $\leq -2,0$ Z-score), les variables indépendantes étant : la cohorte (année de naissance), l'âge, le sexe, et la résidence urbaine (ceci pour corriger certains biais d'échantillons). Dans certaines régressions on a ajouté le carré de l'âge pour tenir compte de la relation curviligne (non-linéaire) de l'âge avec l'indicateur considéré. Le modèle restreint s'écrit :

$$\text{Anthropométrie} = \text{Constante} + \text{Cohorte} + \text{Age} + \text{Sexe} + \text{Résidence urbaine}$$

L'analyse socio-économique a été réalisée avec les mêmes régressions, en ajoutant la richesse du ménage et le niveau d'instruction. Le modèle complet s'écrit :

$$\text{Anthropométrie} = \text{Constante} + \text{Cohorte} + \text{Age} + \text{Sexe} + \text{Résidence urbaine} + \text{Richesse du ménage} + \text{Niveau d'instruction}$$

Cette deuxième équation permet en outre d'estimer la part des variations de l'anthropométrie qui peut s'expliquer par les variations des indicateurs socio-économiques. Si e_1 est l'élasticité de la cohorte dans le modèle 1 et e_2 l'élasticité de la cohorte dans le modèle 2:

$$\text{Part expliquée} = 1 - (e_2/e_1)$$

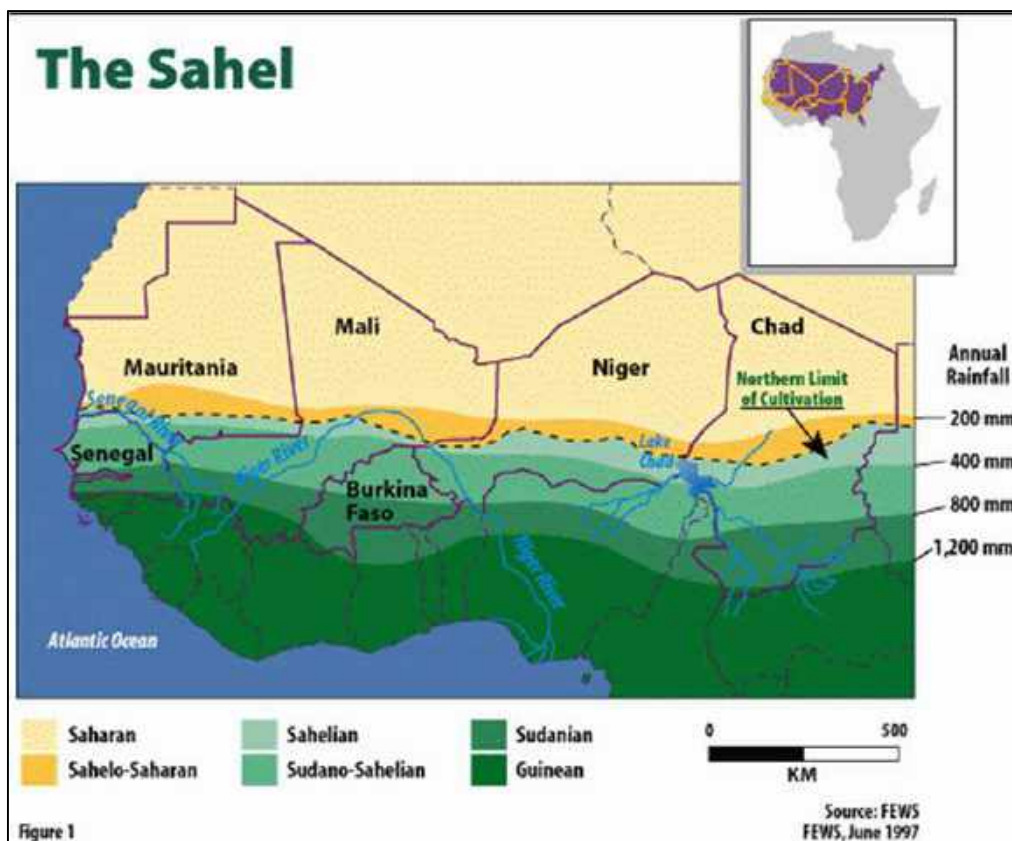
4. Information de base sur les pays

Cette section présente des informations de base sur la démographie, l'économie et la situation nutritionnelle des six pays retenus pour l'analyse.

4.1. Situation géographique

La figure 1 montre la situation géographique des six pays considérés. Ils se situent le long d'un gradient de zones climatiques très contrastées : la savane humide (au sud), la savane sèche, la zone semi-aride, et la zone aride (au nord), suivant par là le gradient du nord au sud des pluies de mousson qui s'étalent sur quelques mois d'été. La dépendance au régime des pluies est très forte, pour l'agriculture comme pour l'élevage, et toute la région est susceptible d'être affectée par de fortes disettes, voire des famines depuis toujours [Bonnecase 2009].

Figure 1: Situation géographique des six pays francophones du Sahel



4.2. Niveaux et tendances du développement

Les pays du Sahel comptent parmi les pays les plus pauvres, et ceux qui ont les plus faibles niveaux d'instruction au monde, avec cependant de fortes disparités entre les pays. Ainsi le Sénégal et la Mauritanie sont nettement plus avancés (PIB par tête, urbanisation), alors que le Niger et le Tchad connaissent des situations plus difficiles, le Mali et le Burkina étant en situation intermédiaire. Les taux de croissance du PIB par tête sur la période 1990-2015 sont faibles au Sénégal, en Mauritanie et au Niger, mais meilleurs au Mali, au Burkina et au Tchad ces dernières années (Tableau 3).

Pour ce qui concerne les indicateurs démographiques, les niveaux de mortalité et de fécondité sont aussi plus favorables au Sénégal et en Mauritanie, et plus défavorables au Niger et au Tchad. Le Mali est particulièrement défavorisé pour la mortalité des enfants, et le Niger possède actuellement le

record du monde de la forte fécondité. Les niveaux d’instruction des femmes sont très faibles dans tous les pays, et proches de zéro dans quatre des six pays. Le gradient de la richesse des ménages mesurée par le nombre moyen de biens modernes suit assez bien celui du PIB par tête mesuré au niveau national.

Tableau 3: Niveaux (en 2000) et tendances (1990-2015) des indicateurs démographiques et socio-économiques, six pays francophones du Sahel

	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
<i>Mortalité des enfants</i>						
q(5), pour 1000	130	217	184	219	185	113
Taux de baisse (%)	-4,34	-3,22	-3,35	-4,15	-1,52	-1,38
<i>Fécondité</i>						
ISF (enfant/femme)	5,47	6,90	6,59	7,68	7,35	5,45
Taux de baisse (%)	-1,20	-0,61	-1,02	-0,26	-0,76	-0,97
<i>Urbanisation</i>						
Pourcent urbain	40,3%	28,4%	17,8%	16,2%	21,6%	49,2%
Taux d'urbanisation (%)	0,8	3,6	5,1	1,3	0,5	2,5
<i>PIB par tête</i>						
PIB (USD)	1916	1269	1064	778	998	2436
Taux de croissance (%)	1,20	2,83	4,91	-0,32	4,60	1,39
<i>Richesse des ménages</i>						
Indice (nb de biens)	3,11	2,32	2,39	1,14	0,90	2,31
Taux de croissance (%)	6,23	5,67	4,22	2,93	3,00	
<i>Niveau d'instruction</i>						
Nb d'années scolarisées	2,31	0,97	0,90	0,82	0,97	1,91
Taux de croissance (%)	9,94	1,96	2,11	0,87	6,28	

Sources: Mortalité, fécondité, urbanisation = Nations Unies, Division de la population (WPP-2017 et WUP-2014); PIB = Banque Mondiale (WDI-2015) ; Richesse des ménages, niveau d’instruction = enquêtes EDS.

4.3. Niveaux des indicateurs anthropométriques

Les six pays font apparaître des différences entre les indicateurs anthropométriques, standardisés pour l’année 2000. Exprimé en Z-score pour les enfants de 12-59 mois, la taille-par-âge moyenne varie de -1,1 au Sénégal à -1,9 au Niger ; le poids-par-âge moyen varie de -1,5 au Sénégal à -2,3 au Niger ; le poids-par-taille moyen varie de -0,8 en Mauritanie à -1,3 au Niger. Exprimé en prévalence pour les mêmes enfants de 12-59 mois ($\leq -2,0$ Z-score), la faible taille-par-âge affecte 16,8% des enfants au Sénégal et 44,4% au Niger ; le faible poids-par-âge affecte 30,0% des enfants au Sénégal et 54,7% au Niger ; le faible poids-par-taille affecte 20,0% des enfants en Mauritanie et 27,4% au Niger ; la présence simultanée du faible poids-par-taille et de la faible taille-par-âge affecte 4,0% des enfants au Sénégal et 11,8% au Niger, soit près de trois fois plus. On peut remarquer d’ores et déjà que si le Sénégal a des valeurs plutôt favorables en poids-par-âge et taille-par-âge, il a des valeurs plutôt faibles en poids-par-taille ou en IMC (Tableau 4).

Tableau 4: Valeurs de base des indicateurs anthropométriques, enfants de 12-59 mois, année 2000, six pays francophones du Sahel

	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
<i>Moyennes</i>						
Taille (cm)	88,879	86,073	86,791	84,519	86,693	86,925
Poids (kg)	12,142	11,571	11,701	10,946	11,680	11,741
IMC (kg/m ²)	15,302	15,465	15,387	15,196	15,395	15,509
<i>Z-score</i>						
Taille-par-âge (ZTA)	-1,091	-1,562	-1,615	-1,867	-1,779	-1,711
Poids-par-âge (ZPA)	-1,484	-1,896	-1,916	-2,301	-2,039	-1,842
Poids-par-taille (ZPT)	-0,963	-1,016	-1,040	-1,256	-1,018	-0,846
<i>Prévalence</i>						
ZTA ≤ -2,0	16,8%	37,9%	37,3%	44,4%	43,3%	43,6%
ZPT ≤ -2,0	21,0%	22,1%	22,4%	27,4%	23,7%	20,0%
ZPA ≤ -2,0	30,0%	43,6%	43,4%	54,7%	47,6%	43,8%
ZTA & ZPT ≤ -2,0	4,0%	8,1%	8,3%	11,8%	10,0%	7,9%

4.4. Corrélations entre les indicateurs

Le tableau 5 donne les coefficients de corrélations entre les indicateurs anthropométriques et les indicateurs démographiques et socio-économiques entre les six pays. Les indicateurs de mortalité et fécondité sont négativement corrélés au poids et à la taille, c'est-à-dire que les pays plus avancés dans les transitions démographiques (plus faible mortalité et fécondité) ont des poids et taille supérieurs. Par contre les corrélations avec l'IMC sont très faibles. Les indicateurs de développement (revenu, richesse, niveau d'instruction) sont positivement corrélés avec les indicateurs anthropométriques, mais là encore avec l'exception de l'IMC. En particulier un plus faible IMC, dû à un poids qui ne suit pas l'augmentation de taille, peut être associé à un meilleur niveau d'instruction, comme avec un meilleur contrôle de la fécondité.

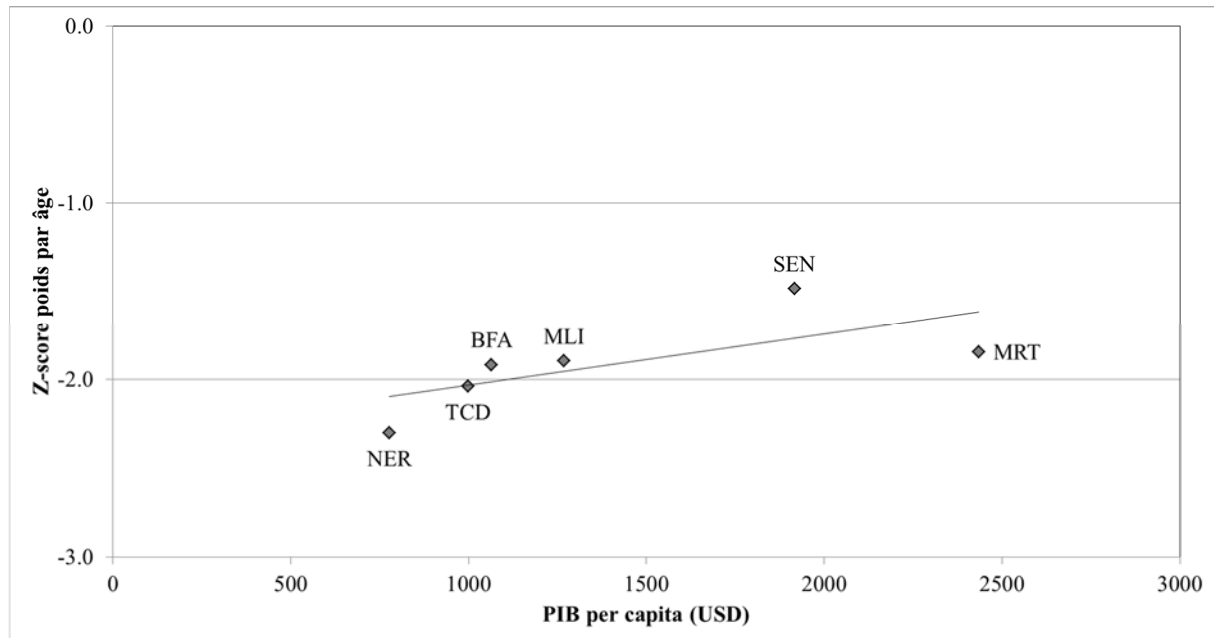
Tableau 5: Corrélations entre les indicateurs anthropométriques et les variables démographiques et socio-économiques, enfants de 12-59 mois, année 2000, six pays francophones du Sahel

	Mortalité	Fécondité	Urbanisation	Revenu	Richesse	Instruction
Taille (cm)	-0,943	-0,917	+0,808	+0,891	+0,711	+0,854
Poids (kg)	-0,859	-0,871	+0,769	+0,846	+0,697	+0,750
IMC (kg/m ²)	+0,071	-0,124	+0,146	+0,137	+0,211	-0,165
Taille-par-âge (Z-score)	-0,835	-0,979	+0,930	+0,989	+0,898	+0,932
Poids-par-âge (Z-score)	-0,851	-0,972	+0,902	+0,970	+0,869	+0,875
Poids-par-taille (Z-score)	-0,647	-0,716	+0,688	+0,728	+0,598	+0,548

NB: Corrélations entre les six pays. Les indicateurs démographiques et socio-économiques sont les mêmes que ceux du tableau 3.

La figure 2 illustre ces corrélations à travers la relation entre PIB par tête et poids-par-âge. La corrélation est quasi linéaire pour les cinq principaux pays, mais la Mauritanie fait quelque peu exception à ce schéma (Figure 2).

Figure 2: Corrélation entre le PIB par tête et le poids-par-âge des enfants, 6 pays du Sahel, année 2000.



5. Schémas par âge

Cette section présente les schémas par âge des indicateurs anthropométriques. En effet, les retards de croissance et la malnutrition sont des processus qui se développent puis disparaissent avec l'âge, si bien qu'à l'âge de cinq ans la malnutrition sévère a pratiquement disparu, et qu'il ne reste que l'accumulation du retard de croissance due aux problèmes de santé cumulés depuis la naissance.

Le poids et la taille à la naissance apparaissent normaux, et comparables aux standards occidentaux. La taille est même plutôt supérieure au standard du CDC-2000 jusqu'à l'âge de 5 mois, probablement du fait de l'alimentation au sein quasi-exclusive dans ces pays. Mais après elle plonge, pour atteindre un minimum entre 30 et 36 mois (Z-score = -1,76), qui sera suivi d'une certaine récupération, pour atteindre -1,32 à 54-59 mois (Figure 3).

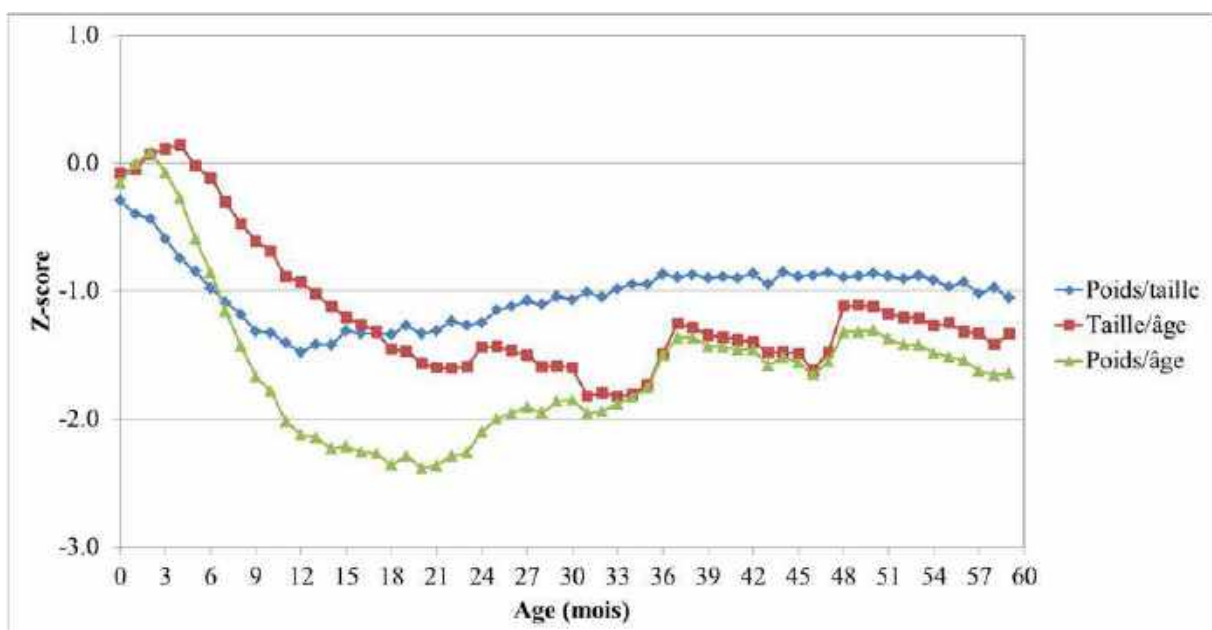
Le poids suit l'évolution favorable de la taille dans les trois premiers mois, mais plonge par la suite, pour atteindre un minimum à 18-23 mois (Z-score = -2,32). Le poids récupère en partie son retard par la suite, mais reste nettement inférieur au standard du CDC-2000, même à 54-59 mois (Z-score = -1,58).

Le rapport poids-par-taille, déjà inférieur aux normes dès la naissance (Z-score = -0,29), baisse dès le début, et atteint un minimum vers 12 mois (Z-score = -1,48), pour se relever par la suite, mais sans jamais récupérer complètement, même à 54-59 mois (Z-score = -0,98).

Ces schémas par âge sont la raison pour laquelle on a sélectionné le groupe d'âge des 12-59 mois pour étudier l'évolution temporelle de l'état nutritionnel, l'âge de 12 mois correspondant au minimum du poids-par-taille, mettant de côté les enfants de moins d'un an chez lesquels la malnutrition est moins visible.

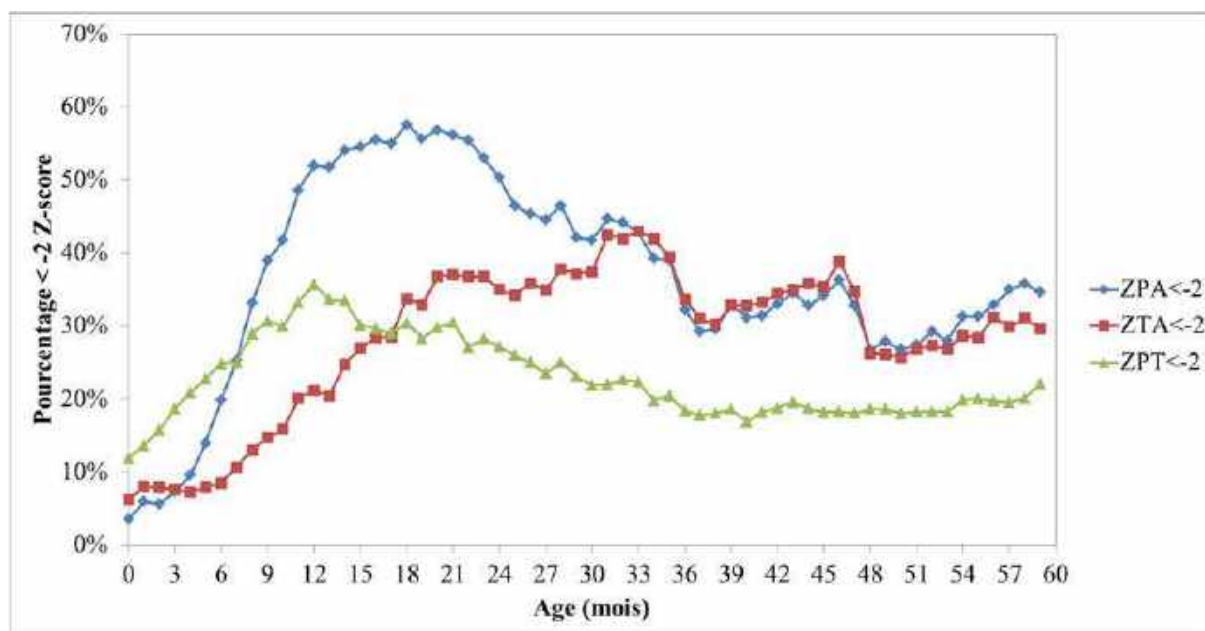
Il faut noter ici l'impact des erreurs sur l'âge : la série des poids-par-taille est régulière alors que celle des poids-par-âge et celle des taille-par-âge sont irrégulières surtout aux mêmes anniversaires de 2, 3, et 4 ans. En effet, une petite erreur sur l'âge peut avoir un net impact sur le Z-score. La qualité de la déclaration de l'âge est un problème général dans la plupart des pays africains, et tout particulièrement déficiente dans les pays du Sahel [Pullum 2006].

Figure 3: Schéma par âge des indicateurs anthropométriques standardisés (Z-score), ensemble des pays du Sahel



En termes de prévalence de la malnutrition, les évolutions sont similaires : les déficits sont négligeables dans les premiers mois de la vie, le faible poids-par-taille culmine vers 12 mois, le faible poids-par-âge vers 18 mois et la faible taille-par-âge vers 36 mois, et même à 54-59 mois les trois indicateurs indiquent une prévalence importante de ces déficits par rapport au standard du CDC-2000 (Figure 4).

Figure 4: Schéma par âge de la prévalence de la malnutrition ($\leq -2,0$ Z-score), ensemble des pays du Sahel



6. Tendances de l'état nutritionnel des enfants de 12-59 mois

Cette section est consacrée aux tendances de l'état nutritionnel selon la cohorte, c'est à dire l'année de naissance, qui varie en moyenne de 1990 à 2015, avec des différences selon les pays. Toutes ces estimations sont réalisées par régression sur la cohorte selon les équations présentées ci-dessus (voir § 3.3).

6.1. Tendances des indicateurs moyens

Les évolutions du poids moyen et de la taille moyenne sont toutes positives dans les cinq pays considérés entre 1990 et 2015 : au Sénégal la taille moyenne gagne 2,28 cm en 25 ans, contre 1,28 cm au Tchad ; le poids moyen gagne 680 g au Mali, contre 170 g au Tchad. En terme de Z-score, cela représente des variations de taille-par-âge allant de +0,47 (Sénégal) à +0,21 (Tchad), et pour le poids-par-âge allant de +0,54 (Mali) à +0,09 (Tchad). Toutes ces tendances sont statistiquement significatives (Tableau 6). Par contre, les évolutions de l'IMC sont contrastées, et elles peuvent être négatives (Sénégal, Tchad), non significatives (Burkina, Niger), ou positives (Mali).

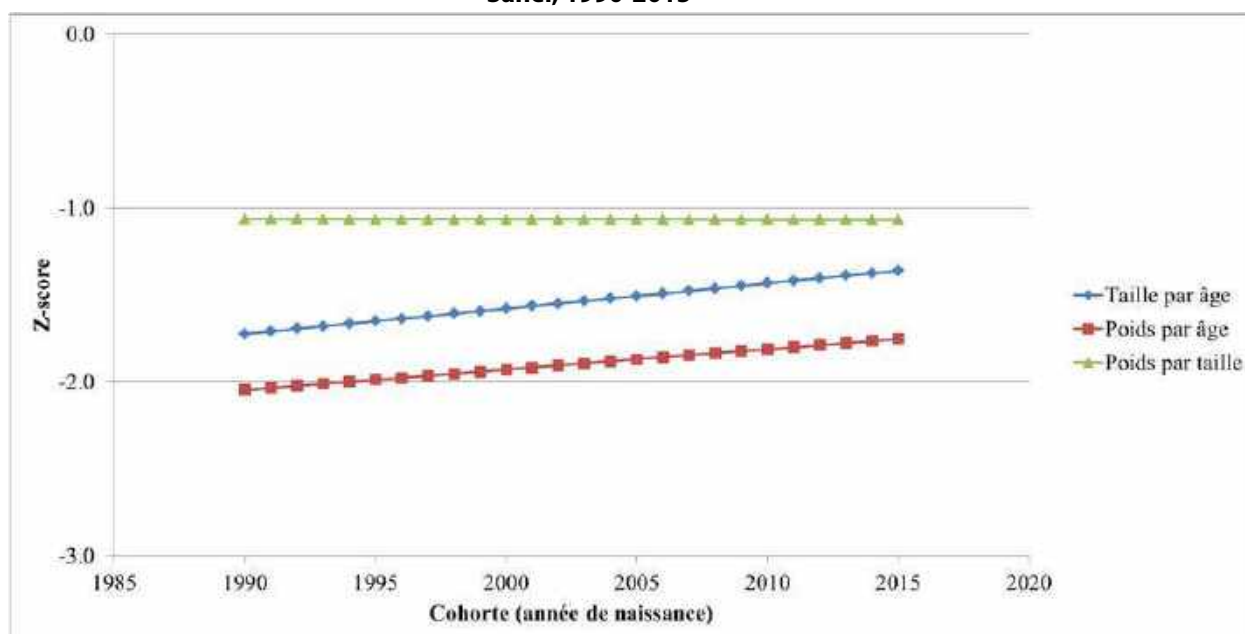
Tableau 6: Tendances des indicateurs anthropométriques moyens des enfants de 12-59 mois (changements en valeur absolue sur 25 ans)

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad
<i>Valeurs absolues</i>					
Taille (cm)	+2,28*	+1,63*	+2,06*	+1,75*	+1,28*
Poids (kg)	+0,23*	+0,68*	+0,42*	+0,42*	+0,17*
IMC (kg/m ²)	-0,50*	+0,46*	-0,10	+0,09	-0,17*
<i>Z-score</i>					
Taille-par-âge (ZTA)	+0,47*	+0,40*	+0,43*	+0,28*	+0,21*
Poids-par-âge (ZPA)	+0,13*	+0,54*	+0,29*	+0,35*	+0,09*
Poids-par-taille (ZPT)	-0,30*	+0,31*	-0,10*	+0,12*	-0,10*
<i>Prévalence</i>					
ZTA < -2,0	-57,0%*	-27,4%*	-42,4%*	-33,3%*	-15,6%*
ZPT < -2,0	+33,1%*	-27,0%*	+18,6%*	-14,3%*	+5,9%
ZPA < -2,0	-13,7%*	-39,1%*	-27,7%*	-32,4%*	-6,6%
ZTA & ZPT < -2,0	-35,5%*	-50,5%*	-24,1%*	-37,5%*	-16,1%*

Lecture du tableau : en 25 ans, au Sénégal, les enfants de 12-59 mois ont gagné 2,28 cm et 0,230 kg, ont perdu 0,50 kg/m² en IMC, etc. ; la prévalence du raboutissement a baissé de 57%, celle de l'amaigrissement a augmenté de 33%, etc. (*) Tendence significative, P < 0,05.

Les pays ont été regroupés, et les tendances additionnées en tenant compte du poids démographique de chaque pays (leur population en l'an 2000). Les tendances pour l'ensemble des cinq pays du sahel apparaissent sur la figure 5 : les Z-score moyens de poids-par-âge sont passés de -2,05 à -1,75, les Z-score moyens de taille-par-âge de -1,72 à -1,36, alors que les Z-score moyens de poids-par-taille n'ont pas changé au cours des 25 ans (1990-2015), et sont restés à la valeur moyenne de -1,07.

Figure 5: Tendances reconstruites des Z-score, enfants de 12-59 mois, ensemble des cinq pays du Sahel, 1990-2015

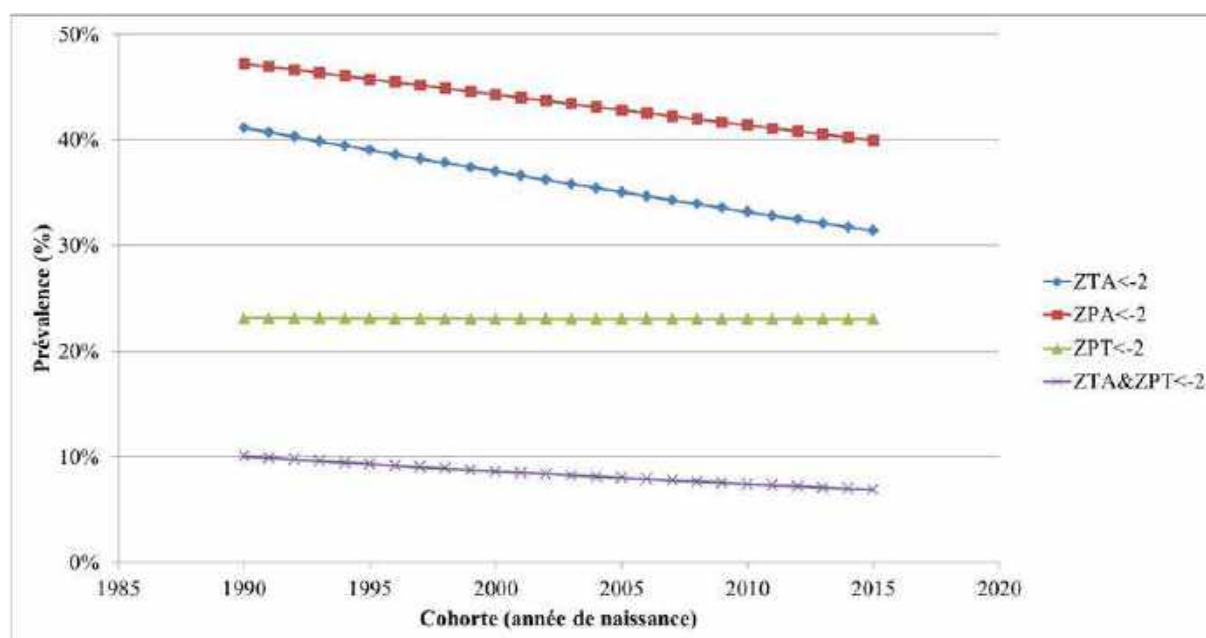


6.2. Tendances des prévalences de la malnutrition

En termes de prévalence de la malnutrition, les évolutions sont impressionnantes : la prévalence du retard de taille-par-âge a baissé de 57,0% au Sénégal, de 27,4% au Mali, de 42,4% au Burkina, et même de 33,3% au Niger et de 15,6% au Tchad. Les changements sont tout aussi favorables en poids-par-âge, quoique moins prononcés (de 6,6% à 39,1%), ainsi qu'en déficit concomitant de poids-par-taille et de taille-par-âge (de 16,1% à 50,5%). Les évolutions sont favorables même au Tchad où les changements sont les moins marqués, et même dans ce pays la malnutrition chronique y a nettement baissé (Tableau 6). Par contre, il faut à nouveau remarquer que les évolutions de la prévalence du faible poids-par-taille sont contrastées et peuvent être positives (Sénégal, Burkina, Tchad) ou négatives (Mali, Niger).

En additionnant les pays en tenant compte de leur poids démographique, on obtient les tendances reconstruites de la prévalence de la malnutrition, qui apparaissent sur la figure 6. La prévalence du rabougrissement (faible taille-par-âge ou *stunting*) a baissé de 41% à 31%, la prévalence de la malnutrition totale (faible poids-par-âge) de 47% à 40%, la prévalence de la présence simultanée du rabougrissement et de l'émaciation (faible taille-par-âge et faible poids-par-taille, ou *concurrent wasting & stunting*) de 10% à 7%, alors que la prévalence de l'émaciation (faible poids-par-taille ou *wasting*) n'a pratiquement pas changé (23% en moyenne).

Figure 6: Tendances reconstruites des prévalences de la malnutrition, enfants de 12-59 mois, cinq pays du Sahel, 1990-2015



7. Différentiels des indicateurs anthropométriques selon les critères démographiques et socio-économiques

Cette section traite des différentiels selon le sexe, le lieu de résidence, la richesse des ménages, et le niveau d'instruction des femmes adultes. Là encore les coefficients mesurant ces différentiels sont obtenus par les équations de régression décrites ci-dessus (§ 3.3).

7.1. Différentiels selon le sexe

Le dimorphisme sexuel apparaît clairement dans le tableau 7 : les garçons sont en moyenne un peu plus grands (+0,9 cm), un peu plus lourds (+0,4 kg), et ont un IMC un peu plus élevé (+0,2 kg/m²) que les filles. Les données sont très consistantes entre les pays; cependant, en Mauritanie, le coefficient de l'IMC n'était pas significatif ($P = 0,87$), et l'effet du sexe était significativement différent de celui des autres pays ($P = 0,004$), ce qui signifie que dans ce pays on n'observait pas de différence de composition corporelle (rapport poids/taille) entre garçons et filles contrairement aux autres pays, mais la taille de l'échantillon mauritanien est particulièrement faible (Tableau 7).

Pour ce qui concerne la comparaison avec les normes du CDC-2000, les garçons semblent un peu plus pénalisés que les filles en taille-par-âge (ils sont plus susceptibles au rabougrissement), avec une différence de $-0,2$ Z-score; ils sont à peu près équivalents aux filles en poids-par-âge et en poids par taille, à l'exception de la Mauritanie où les garçons sont plus défavorisés que les filles (différence de $-0,2$ Z-score ; $P = 0,006$) (Tableau 7).

Tableau 7: Effet net du sexe masculin sur les indicateurs anthropométriques, enfants de 12-59 ans

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
Taille (cm)	+0,900	+0,874	+0,783	+0,896	+0,723	+1,090
Poids (kg)	+0,449	+0,385	+0,415	+0,474	+0,338	+0,292
IMC (kg/m ²)	+0,269	+0,211	+0,283	+0,347	+0,205	-0,020
Taille-par-âge (Z-score)	-0,147	-0,196	-0,218	-0,207	-0,221	-0,117
Poids-par-âge (Z-score)	+0,016	+0,005	+0,013	+0,093	-0,031	-0,115
Poids-par-taille (Z-score)	-0,002	-0,030	+0,023	+0,058	-0,046	-0,198

Lecture du tableau: Au Sénégal, les garçons ont en moyenne 0,900 cm de plus que les filles, 0,449 kg de plus, et un IMC de 0,269 plus élevé, etc.

7.2. Différentiels selon l'âge

Les effets de l'âge sur les indicateurs bruts (poids, taille, IMC) sont évidents et très consistants entre les pays : la taille et le poids augmentent pratiquement linéairement avec l'âge entre 12 et 59 mois, et l'IMC diminue approximativement linéairement aussi, comme dans les normes du CDC-2000. En termes de Z-score l'effet de l'âge reste faible : il peut être positif, c'est-à-dire que la récupération du déficit avec l'âge est un peu plus rapide que prévu, ou négatif, c'est-à-dire un peu lent que prévu (Tableau 8).

Tableau 8: Effet net de l'âge sur les indicateurs anthropométriques, enfants de 12-59 ans

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
Taille (cm)	+0,664	+0,629	+0,628	+0,635	+0,613	+0,586
Poids (kg)	+0,148	+0,163	+0,165	+0,153	+0,151	+0,137
IMC (kg/m ²)	-0,039	-0,005	-0,002	-0,013	-0,013	-0,028
Taille-par-âge (Z-score)	+0,004	-0,003	+0,000	+0,001	-0,003	-0,016
Poids-par-âge (Z-score)	-0,005	+0,027	+0,031	+0,025	+0,021	+0,005
Poids-par-taille (Z-score)	+0,011	+0,023	+0,027	+0,015	+0,014	+0,007

Lecture du tableau: Au Sénégal, un mois d'âge se traduit par 0,664 cm de plus, 0,148 kg de plus, mais un IMC de -0,039 plus faible, etc.

7.3. Différentiels selon la résidence urbaine

L'effet de la résidence urbaine sur les indicateurs anthropométriques est plus contrasté et plus délicat à interpréter. L'effet sur la taille, le poids et les Z-score correspondants est presque toujours positif : +0,94 cm en taille, +0,26 kg en poids, +0,26 en Z-score de taille-par-âge, +0,21 Z-score de poids-par-âge. Par contre, les différentiels de l'IMC et du Z-score de poids-par-taille diffèrent selon les pays : le Mali et le Tchad ont des coefficients négatifs (les urbains sont plus maigres que les ruraux), alors que les quatre autres pays ont des coefficients positifs (les ruraux sont plus maigres que les urbains). Au Mali comme au Tchad, les urbains ont des tailles plus élevées que les ruraux, mais des poids qui ne suivent pas. Ici encore la Mauritanie fait exception, avec des tailles équivalentes en urbain et en rural, ($P = 0,43$), mais des poids supérieurs, ce qui se traduit par un IMC supérieur à la moyenne des autres pays ($P < 0,0001$) (Tableau 9).

Tableau 9: Effet net de la résidence urbaine sur les indicateurs anthropométriques, enfants de 12-59 ans

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
Taille (cm)	+0,762	+1,741	+1,272	+1,211	+0,699	-0,042
Poids (kg)	+0,216	+0,313	+0,353	+0,368	+0,078	+0,216
IMC (kg/m ²)	+0,014	-0,195	+0,035	+0,116	-0,124	+0,232
Taille-par-âge (Z-score)	+0,194	+0,481	+0,327	+0,340	+0,180	+0,015
Poids-par-âge (Z-score)	+0,043	+0,261	+0,329	+0,384	+0,070	+0,159
Poids-par-taille (Z-score)	+0,169	-0,132	+0,127	+0,144	-0,103	+0,243

Lecture du tableau: Au Sénégal, la résidence urbaine se traduit par 0,762 cm de plus en taille, 0,216 kg de plus en poids, et un IMC de 0,014 plus élevé, etc.

7.4. Richesse des ménages

L'effet de la richesse des ménages est cohérent avec ce que l'on pouvait attendre : il est toujours positif sur le poids et la taille et sur les Z-score correspondants, avec peu de différence entre les pays. Il faut noter que ces différences entre les plus riches (10 points) et les plus pauvres (0 point) sont importants : gains de 3,3 cm en taille (+ 0,9 Z-score), de 1,1 kg en poids (+ 0,8 Z-score), soit des valeurs supérieures aux tendances sur 25 ans. Les rapports poids/taille augmentent un peu avec la richesse :

+0,3 kg/m² pour 10 points, soit +0,5 Z-score, ce qui montre une évolution assez harmonieuse entre poids et taille. Il faut noter ici le cas du Sénégal, où les augmentations de taille avec la richesse sont égales à la moyenne, mais où les augmentations de poids sont inférieures à la moyenne, ce qui se traduit par une légère baisse de l'IMC avec le niveau de richesse, ce qui est inattendu (Tableau 10).

Tableau 10: Effet net de la richesse des ménages urbaine sur les indicateurs anthropométriques, enfants de 12-59 ans

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
Taille (cm)	+0,327	+0,269	+0,449	+0,281	+0,211	+0,452
Poids (kg)	+0,082	+0,100	+0,127	+0,098	+0,077	+0,156
IMC (kg/m ²)	-0,005	+0,039	+0,009	+0,039	+0,034	+0,054
Taille-par-âge (Z-score)	+0,086	+0,071	+0,119	+0,075	+0,055	+0,115
Poids-par-âge (Z-score)	+0,010	+0,092	+0,106	+0,092	+0,072	+0,134
Poids-par-taille (Z-score)	+0,068	+0,059	+0,028	+0,050	+0,040	+0,062

Lecture du tableau: Sur une échelle de 0 à 10, au Sénégal, un point supplémentaire de richesse se traduit par 0,327 cm de plus en taille, 0,082 kg de plus en poids, mais un IMC de -0,005 plus faible, etc.

7.5. Niveau d'instruction

L'effet du niveau d'instruction des femmes adultes est similaire : très consistant sur la taille et le poids, plus contrasté sur le rapport poids-par-taille. Une douzaine d'années de scolarisation, qui correspond à la différence entre les femmes ayant un niveau correspondant à la fin du secondaire (baccalauréat ou équivalent) et les femmes qui n'ont jamais été à l'école, se traduit par une taille supérieure de 1,7 cm (0,47 Z-score) et un poids de 0,62 kg (0,49 Z-score), soit un peu moins que l'impact de la richesse maximale. L'impact sur l'IMC est là-aussi modeste : 0,20 kg/m² (0,28 Z-score), et différent selon les pays : au Tchad, il se traduit par une augmentation nettement supérieure à la moyenne : +0,73 kg/m² (+0,78 Z-score), alors qu'au Sénégal, au Burkina et au Niger il se traduit par une quasi-stagnation. Notons cependant qu'en termes de Z-score, l'effet de l'éducation sur le rapport poids-par-taille est toujours positif, même s'il reste faible (Tableau 11).

Tableau 11: Effet net du niveau d'instruction sur les indicateurs anthropométriques, enfants de 12-59 ans

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Mauritanie
Taille (cm)	+0,081	+0,169	+0,151	+0,170	+0,195	+0,106
Poids (kg)	+0,028	+0,051	+0,039	+0,051	+0,102	+0,041
IMC (kg/m ²)	+0,006	+0,010	-0,002	+0,006	+0,061	+0,018
Taille-par-âge (Z-score)	+0,022	+0,046	+0,040	+0,046	+0,054	+0,028
Poids-par-âge (Z-score)	+0,010	+0,043	+0,033	+0,041	+0,085	+0,034
Poids-par-taille (Z-score)	+0,021	+0,015	+0,009	+0,013	+0,065	+0,018

Lecture du tableau: Sur une échelle de 0 à 20, au Sénégal, une année supplémentaire de scolarisation de la mère se traduit par 0,081 cm de plus en taille, 0,028 kg de plus en poids, et un IMC de 0,006 plus élevé, etc.

8. Corrélations entre les tendances des indicateurs anthropométriques et le développement

Cette section traite des corrélations entre le niveau de développement et les variations des indicateurs anthropométriques, au niveau macro (pays) et au niveau micro (ménages).

8.1. Niveau macro (pays)

Les évolutions des indicateurs anthropométriques décrites ci-dessus sont bien évidemment liées au développement économique et à la santé publique, qui eux aussi diffèrent selon les pays. On observe donc des corrélations entre les indicateurs démographiques, les indicateurs économiques et les variations des indicateurs anthropométriques au niveau macro. Les pays qui sont plus avancés dans les transitions démographiques (fécondité et mortalité plus faibles) ont des augmentations de taille supérieures, mais variations de poids et d'IMC inférieures. Pour ce qui concerne la mortalité, ceci peut s'interpréter comme l'effet du contrôle des maladies infectieuses sur la taille, mais pas sur le poids. Les pays plus urbanisés et les pays plus riches en PIB par tête ont des variations de taille supérieures mais des variations de poids et d'IMC plutôt inférieures. Les pays dont la richesse des ménages est supérieure ont des variations de taille et de poids supérieures, mais des variations d'IMC inférieures. Les pays dont le niveau d'instruction est supérieur ont des variations de taille plus grandes, mais des variations de poids et d'IMC plus faibles (Tableau 12).

Tableau 12: Corrélations des tendances des indicateurs anthropométriques avec les niveaux des variables démographiques et socio-économiques, enfants de 12-59 ans

Indicateur anthropométrique	Mortalité	Fécondité	Urbanisation	PIB/ capita	Richesse ménage	Niveau d' instruction
Taille (cm)	-0,615	-0,789	+0,469	+0,629	+0,832	+0,651
Poids (kg)	+0,653	+0,198	-0,149	-0,185	+0,195	-0,424
IMC (kg/m ²)	+0,900	+0,597	-0,412	-0,518	-0,269	-0,712
Taille-par-âge (Z-score)	-0,498	-0,839	+0,591	+0,721	+0,979	+0,582
Poids-par-âge (Z-score)	+0,727	+0,300	-0,213	-0,268	+0,090	-0,477
Poids-par-taille (Z-score)	+0,905	+0,619	-0,382	-0,508	-0,302	-0,672

Lecture du tableau: Entre les pays, la hausse de la taille est négativement corrélée avec le niveau de mortalité ($\rho = -0,615$) et de fécondité ($-0,789$), positivement corrélée avec l'urbanisation ($+0,469$), le PIB ($+0,629$), la richesse des ménage ($+0,832$), et le niveau d'instruction ($+0,651$), etc.

8.2. Niveau micro (ménages)

Ce paragraphe explore l'impact des changements économiques et sociaux (richesse des ménages et niveau d'instruction des femmes) sur l'évolution des indicateurs anthropométriques. L'addition de la richesse des ménages et du niveau d'instruction réduit le plus souvent l'élasticité de la cohorte sur le poids et la taille, mais pas sur l'IMC, où la contribution est nulle ou non-significative. Dans l'ensemble l'amélioration des conditions de vie rend compte approximativement du quart de

l'augmentation de la taille (35% en Z-score) et de la moitié de l'augmentation du poids (59% en Z-score), sans effet notable sur l'IMC ou sur le rapport poids par taille. (Tableau 13).

Tableau 13: Proportion de l'élasticité de la cohorte due à la richesse et à l'instruction

Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Ensemble
Taille (cm)	28,9%	30,5%	18,9%	22,0%	27,9%	25,6%
Poids (kg)	100%	26,0%	26,1%	31,4%	95,7%	55,8%
IMC (kg/m ²)	0,0%	13,8%	0,0%	50,8%	0,0%	(ns)
Taille-par-âge (Z-score)	31,7%	33,4%	24,1%	36,4%	46,7%	34,5%
Poids-par-âge (Z-score)	99,8%	29,6%	31,6%	34,0%	1000%	59,0%
Poids-par-taille (Z-score)	0,0%	30,8%	0,0%	52,1%	0,0%	(ns)

Lecture du tableau: Au Sénégal, l'augmentation de la richesse des ménages et du niveau d'instruction des ménages explique 28,9% de l'augmentation de la taille, 100% de celle du poids, etc.

8.3. Différences entre riches et pauvres

Ce paragraphe compare les différences entre les mesures anthropométriques moyennes des deux catégories extrêmes, qualifiées de 'riches' et des 'pauvres'. Ces catégories sont définies par les modèles de régression présentés ci-dessus, et standardisés pour la cohorte (année 2000), l'âge (36 mois) et le sexe (deux sexes confondus):

- Riches : urbains, richesse du ménage = 10, instruction des femmes = 12 ans.
- Pauvres : ruraux, richesse du ménage = 0, instruction des femmes = 0

Le tableau 14 montre que la différence entre les catégories extrêmes est très forte pour le poids et la taille, correspondant en moyenne à 1,6 Z-score, mais que la différence en IMC est très faible au Sénégal, Mali et Burkina (~ 0,5 Z-score), et faible au Niger et au Tchad, les deux pays les plus en retard (~ 1,0 Z-score).

Tableau 14: Différences des indicateurs anthropométriques moyens entre 'riches' et 'pauvres', 5 pays du Sahel

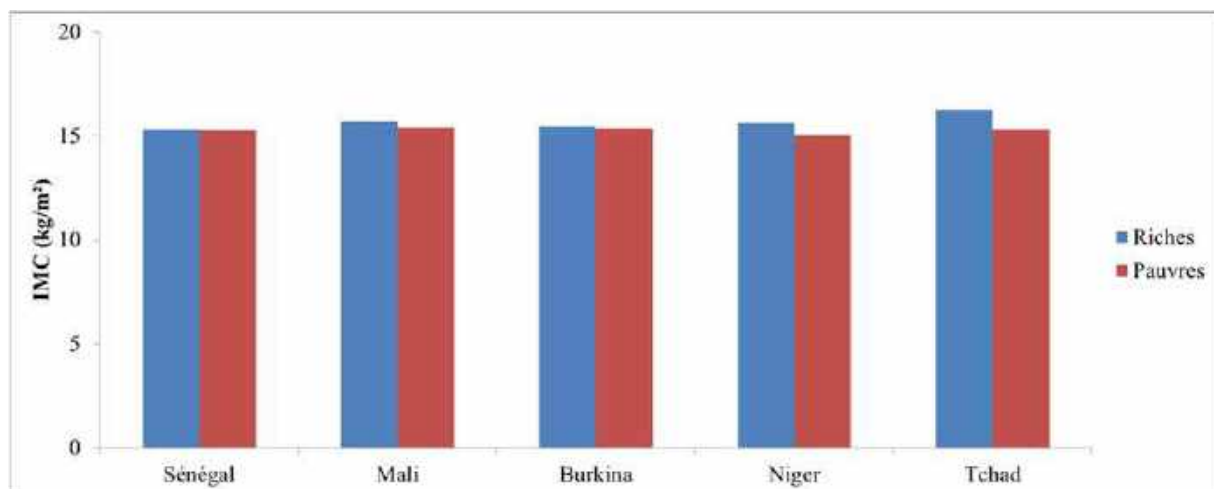
Indicateur anthropométrique	Sénégal	Mali	Burkina	Niger	Tchad	Ensemble
Taille (cm)	5,01	6,45	7,57	6,06	5,15	6,05
Poids (kg)	1,37	1,92	2,09	1,96	2,07	1,88
IMC (kg/m ²)	0,04	0,31	0,09	0,58	0,95	0,39
Taille-par-âge (Z-score)	1,32	1,74	2,00	1,63	1,37	1,61
Poids-par-âge (Z-score)	1,10	1,70	1,78	1,80	1,81	1,64
Poids-par-taille (Z-score)	0,26	0,64	0,50	0,81	1,08	0,66

Lecture du tableau: Au Sénégal, la différence de taille entre riches et pauvres est de 5,01 cm, la différence de poids de 1,37 kg, la différence d'IMC de 0,04 kg/m² etc.

Ces très faibles différences en IMC sont représentées dans la figure 7 : elles sont à peine visibles pour le Sénégal, le Mali et le Burkina. Ce point est important, car il suggère que les caractéristiques

génétiques de ces populations priment pour le rapport poids/taille. Pour ce qui concerne l'IMC, la catégorie la plus favorisée (IMC= 15,66) apparaît légèrement en dessous des standards internationaux (IMC = 15,85), mais finalement peu différente de la catégorie la plus défavorisée (IMC = 15,27), alors que les différences en poids et en taille entre les trois ensembles sont considérables. Il faut aussi noter que la catégorie la plus favorisée au Tchad (les 'riches') auraient un IMC un peu supérieur au standard du CDC-2000, mais cette catégorie concerne un tout petit nombre de ménages (0,02%), et la différence ne semble pas significative en soi, alors que la catégorie de 'pauvres' rassemble 30,1% de la population.

Figure 7: Comparaisons de l'IMC selon les catégories extrêmes (riches et pauvres), cinq pays du Sahel



9. Comparaison avec des données anciennes

L'évolution des données récentes peut sembler à première vue surprenante, même si elle peut s'expliquer par les changements en matière de santé publique et de revenus. Pour savoir si les tendances mises en évidence entre 1990 et 2015 sont anciennes on peut les comparer avec les données disponibles d'avant 1990. Malheureusement, aucune donnée représentative des populations nationales n'est disponible avant les enquêtes EDS. Si beaucoup de petites études ont été faites entre 1950 et 1990, nombreuses sont celles qui sont basées sur de tous petits échantillons ou qui parfois ne sont pas fiables. On ne peut donc considérer que les quelques études sérieuses faites sur des échantillons conséquents, de plusieurs centaines d'enfants ou plus.

Au Sénégal, deux grandes études sont disponibles : celle de Niakhar conduite en 1983-1984, sur quelques 5000 enfants ruraux de l'actuelle région de Fatick [Garenne et al. 2000], et celle de Khombole, conduite en 1959-1964 sur quelques 2000 enfants ruraux de l'actuelle région de Thiès [Debroise et al. 1967]. À cela on peut ajouter une autre étude minutieuse, réalisée en Gambie, aussi en milieu rural, dans les années 1962-1964 [McGregor et al. 1967]. Ces données sont comparées avec les données des enquêtes DHS pour le milieu rural au Sénégal et aux standards internationaux (France des années 1950 et USA des années 2000). Ces données anciennes apparaissent dans le Tableau 15.

Tableau 15: Comparaison des données anthropométriques des enquêtes EDS avec des données anciennes du Sénégal et de la Gambie, milieu rural.

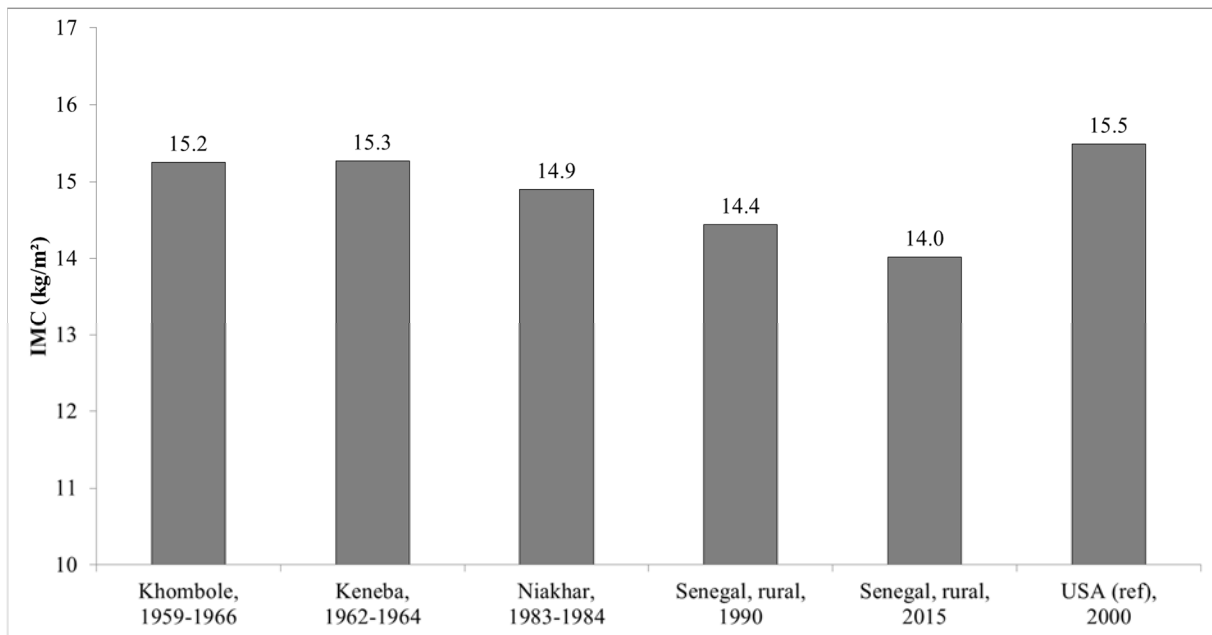
Source	Période	Taille (cm)		Poids (kg)		IMC (kg/m ²)	
		36 mois	60 mois	36 mois	60 mois	36 mois	60 mois
Khombole, Sénégal, rural	1959-1966	86,3	102,8	11,6	16,1	15,54	15,25
Keneba, Gambie, rural	1962-1964	86,0	101,0	11,8	15,6	15,94	15,27
Niakhar, Senegal, rural	1983-1984	89,5	104,4	12,7	16,2	15,83	14,90
Sénégal, rural, (DHS)	1990	87,8	103,6	12,0	15,5	15,54	14,44
Sénégal, rural, (DHS)	2015	90,1	105,9	12,2	15,7	15,03	14,02
France, Paris, (Sempé)	1953-1962	94,0	107,5	14,2	17,7	16,07	15,27
USA / CDC (référence)	2000	94,7	108,6	14,2	18,3	15,79	15,49

NB: Pour les enquêtes DHS il s'agit de l'année de naissance (cohorte) ; l'IMC moyen a été recalculé à partir du poids moyen et de la taille moyenne. Les données sont interpolées pour atteindre l'âge exact de 36 ou 60 mois à partir des âges voisins.

Les données des années 1960 indiquent des tailles moyennes à 5 ans un plus faibles (101,0 cm à Keneba, 102,8 cm à Khombole) que dans les années 1980 (104,4 cm à Niakhar), qui, elles, sont comparables aux tailles des zones rurales en 1990 (103,6 cm), mais inférieures à celles de 2015 (105,9 cm) qui se rapprochent des standards internationaux (107,5 cm en France dans les années 1950 et 108,6 cm aux Etats Unis en 2000). Il est donc vraisemblable que l'augmentation de la taille a été assez régulière au Sénégal depuis 1960, et parallèle à la baisse de la mortalité infanto-juvénile, avec probablement de petites variations locales.

Par contre, les poids à 3 ans et à 5 ans ne semblent pas avoir changé au cours de la même période, fluctuant autour de 12 kg à 3 ans et 16 kg à 5 ans, soit environ 2 kg de moins que le standard américain. Ce qui fait que les rapports poids/taille ont nettement diminué au Sénégal, et là encore l'évolution semble assez régulière. L'IMC à 5 ans était de 15,3 kg/m² à Khombole et à Keneba dans les années 1960, de 14,9 kg/m² à Niakhar dans les années 1980, de 14,4 kg/m² en milieu rural dans les années 1990, et à 14,0 kg/m² en 2015. Il s'agit là d'une évolution surprenante, et l'IMC s'écarte de plus en plus du standard américain (15,5 kg/m²) et du standard français des années 1950 (15,3 kg/m²), alors qu'il en était proche dans les années 1960 (Figure 8).

Figure 8: Comparaison de l'IMC à 5 ans dans les enquêtes anciennes au Sénégal



Discussion

Cette étude montre une évolution positive de la taille des jeunes enfants depuis un quart de siècle dans les pays du Sahel. Cette évolution reste assez lente, mais probablement assez similaire à ce qui a dû se passer au XIX^e siècle en Europe, même si les données précises manquent pour le démontrer. L'étude montre aussi des différences nettes entre les pays, le Sénégal apparaissant le pays plus avancé, alors que Niger et Tchad sont plus en retard et ont des évolutions plus lentes. Le Burkina a une évolution assez favorable de la taille, alors qu'au Mali les progrès ont plutôt porté sur le poids. La prévalence de la malnutrition a fortement diminué dans les cinq pays au cours des 25 ans, de plus de 50% pour ce qui concerne la faible taille-par-âge au Sénégal, ou de la présence simultanée du faible poids-par-âge et de la faible taille-par-âge au Mali. Et même dans les pays les plus en retard, la prévalence de la malnutrition a nettement diminué que ce soit en taille-par-âge ou en poids-par-âge.

Pour ce qui concerne le rapport poids-par-taille, les évolutions sont contrastées. Dans l'ensemble des cinq pays le poids a suivi la taille, sans tendance significative du rapport poids/taille ou de l'IMC. Mais cette stagnation moyenne cache des différences entre les pays : le rapport poids/taille s'est nettement amélioré au Mali, du fait de l'augmentation plus forte du poids et de l'augmentation plus faible de la taille. Par contre, au Sénégal, la maigreur a nettement augmenté, du fait de l'augmentation forte de la taille et de l'augmentation faible du poids. Dans les autres pays le rapport poids/taille a été approximativement conservé au cours du temps.

Les différentiels par sexe et âge apparaissent très consistants entre les pays, ce qui confirme la bonne qualité des données anthropométriques, le principal problème résidant dans les erreurs sur l'âge.

Les différentiels par niveau de richesse des ménages et niveau d'instruction des femmes sont importants, et les différences entre les plus riches et les plus pauvres, ainsi que les différences entre

les plus éduquées et les analphabètes sont impressionnantes, et plus grandes que les tendances selon la cohorte. En effet, les plus riches et plus éduqués ont des poids et tailles presque équivalents à ceux des enfants américains, comme c'est le cas dans d'autres pays du monde [Hohmann & Garenne 2010]. Par contre le rapport poids/taille apparaît peu sensible à la richesse et à l'éducation, et finalement assez proche des standards internationaux.

La relation entre l'augmentation de la taille et la santé publique apparaît clairement dans la relation avec la mortalité des enfants. Les pays où la baisse de la mortalité infanto-juvénile a été la plus forte (Sénégal, Burkina) sont aussi ceux où l'augmentation de la taille est la plus marquée. Il est donc vraisemblable que le contrôle des maladies infectieuses ait eu un effet notable sur la régulation de la taille des jeunes enfants.

L'effet de l'augmentation des revenus sur le poids est plus ténu : il est vraisemblable qu'il ait joué un rôle au Mali (croissance économique de 2,8%) et au Burkina (croissance économique de 4,9%), mais cet effet n'est pas apparent au Niger et au Tchad. Par contre, il est vraisemblable que la faible croissance économique au Sénégal (1,2%) explique la faible augmentation du poids.

Le rôle des facteurs génétiques mériterait des analyses plus approfondies. En effet il est surprenant de voir que les améliorations générales en revenu du pays, richesse des ménages, et niveau d'instruction des femmes n'aient pas eu d'effet notable sur la maigreur des enfants du Sahel. Il pourrait s'agir, au moins en partie, d'une caractéristique génétique des populations sahéliennes, mais peut-être aussi de la permanence d'autres problèmes de santé (carences alimentaires, maladies tropicales comme le paludisme, etc.).

L'étude des tendances montre l'intérêt de suivre à long terme les évolutions de l'anthropométrie des enfants. Si la situation semble s'améliorer, les évolutions sont lentes et à ce rythme, il faudrait attendre l'année 2100 pour combler les déficits en taille-par-âge et en poids-par-âge. La maigreur relative restera-t-elle une caractéristique de ces populations ? Va-t-elle augmenter comme au Sénégal, et si oui avec quelles conséquences ? Va-t-elle au contraire récupérer avec l'augmentation des revenus ? Ces points méritent un suivi sur le long terme.

Références

- Bogin B. (1999). *Patterns of Human growth*. Cambridge University Press. (Cambridge Studies in Biological and Evolutionary Anthropology # 23)
- Bonnecase V. (2009). Avoir faim en Afrique occidentale française : investigations et représentations coloniales (1920-1960). *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, 2009/2 (n° 21) : 151-174.
- Briend A, Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K. (1989). Nutritional Status, Age and Survival: the Muscle Mass Hypothesis. *European Journal of Clinical Nutrition* 43: 715-726.
- Briend A. et al. (1989b). Measuring change in nutritional status: a comparison of different anthropometric indices and the sample sizes required. *European Journal of Clinical Nutrition*; 43: 769-778.
- Briend A, Khara T, Dolan C. (2015). Wasting and stunting - similarities and differences: Policy and programmatic implications. *Food and Nutrition Bulletin*, 36(S1), S15-S23.
- Centers for Disease Control. (2000). *CDC Growth Charts for the United States: Methods and Development*. CDC Series Report 11, No. 246, 201 pp. (available on CDC web site)
- Cole TJ. (1990). The LMS method for constructing normalized growth standards. *European Journal of Clinical Nutrition*; 44: 45-60
- Deaton A. (2004) Height, health and inequality: the distribution of adult heights in India. *American Economic Review*; 98(2): 468-474.
- Debroise A, Dan V, Cros J, Coly F, Raybaud N, Villod MT. (1967). Croissance staturo-pondérale de l'enfant de 0 à 7 ans en zone rural au Sénégal. In : *Conditions de vie de l'enfant en milieu rural en Afrique*. Paris, Centre International de l'Enfance et Dakar, Institut de Pédiatrie Sociale : 109-119.
- De Onis M, Frongillo E, Blossner M. (2000). Is malnutrition declining? An analysis of changes in levels of child malnutrition since 1980. *Bulletin of the World Health Organisation*; 78: 1222-1233.
- De Onis M, Blossner M, Borghi E, Frongillo EA, Morris R. (2004). Estimates of global prevalence of childhood underweight in 1990 and 2015. *JAMA*; 291: 2600-2606.
- De Onis, M, Blossner, M., Borghi, E. (2010). Global prevalence and trends of overweight and obesity among pre-school children. *American Journal of Clinical Nutrition*; 92:1257-1264.
- De Onis M, Blossner M, Borghi E. (2011). Prevalence and trends of stunting among pre-school children, 1990-2020. *Public Health Nutrition*; 2011; 15: 142-148.
- Eveleth PB, Tanner JM. (1976). *Worldwide variation in human growth*. Cambridge University Press (International Biological Programme 8).
- Falkner F, Tanner JM. (eds). (1986). *Human growth: a comprehensive treatise*. New York; Plenum Press.
- Fogel RW. (1994). Economic growth, population theory, and physiology: the bearing of long-term processes on the making of economic policy. *American Economic Review*; 84(3): 369-395.
- Garenne, M, Maire B, Fontaine O, Dieng K, Briend A. (1987). Un critère de prévalence de la malnutrition: la survie de l'enfant. In : D. Lemmonier et Y. Ingenbleek ed. *Les carences nutritionnelles dans les pays en voie de développement*. Karthala. Paris. 1989 : 12-19.
- Garenne M, Maire B, Fontaine O, Dieng K, Briend A. (2000). Risques de décès associés à différents états nutritionnels chez l'enfant d'âge préscolaire. *Etudes du CEPED* n° 17, 192 p. Paris : CEPED.
- Garenne M, Hohmann S. (2003). A wealth index to screen high risk families: application to Morocco. *Journal of Health, Population and Nutrition*; 21(3):235-242.
- Garenne M, Gakusi E. (2004) Reconstructing under-five mortality

- trends in Africa from demographic sample surveys. *DHS Working Papers No 26*. IRD-Macro, Calverton, Maryland, USA.
- Garenne M, Maire B, Fontaine O, Briend A. (2006). Distributions of mortality risk attributable to low nutritional status in Niakhar, Senegal. *Journal of Nutrition*; 136: 2893-2900.
 - Garenne M. (2011). Trends in nutritional status of adult women in sub-Saharan Africa. *DHS Comparative Reports No 27*. Calverton, Maryland, USA: ICF Macro. (115 p).
 - Garenne M, Maire B, Fontaine O, Briend A. (2012). Adequacy of child anthropometric indicators for measuring nutritional stress at population level: a study from Niakhar, Senegal. *Nutrition Public Health*; 16(9): 1533 – 1539.
 - Garenne M. (2014). Les indicateurs anthropométriques pour évaluer l'état nutritionnel des individus et des populations. Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, FERDI, Document de Travail No 18.
 - Garenne M. (2016). La pression de la population dans les pays sahéliens francophones : Analyse des estimations et projections de population 1950-2100. *FERDI, Documents de travail / Working Papers No 168*.
 - Garenne M, Myatt M, Khara T, Dolan C, Briend A. (2018). Concurrent wasting and stunting among underfive children in Niakhar, Senegal. *Maternal and Child Nutrition*; e12736.
 - Golden M. (1991). The nature of nutritional deficiency in relation to growth failure and poverty. *Acta Paediatrica Scandinavica*; 374(suppl.): 95-110.
 - Habicht J-P, et al. (1974). Height and weight standards for preschool children. How relevant are ethnic differences in growth potential? *The Lancet*; i; 611-614.
 - Hohmann S., Garenne M, (2010). Health and wealth in Uzbekistan and sub-Saharan Africa in comparative perspective. *Economics and Human Biology*; 8(3): 346-360.
 - Hohmann S, Garenne M. (2011). Absolute versus relative measures of poverty. Application to DHS African surveys. *Journal of US-China Public Administration*; 8(7):748-762.
 - Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Mei Z, Wei R, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. (2002). 2000 CDC Growth Charts for the United States: methods and development. *Vital Health Statistics*; 246:1-190
 - Kuczmarski RJ, Ogden CL, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Guo SS, Wei R, Mei Z, Curtin LR, Roche AF, Johnson CL. (2000). CDC Growth Charts: United States. *Advanced Data*; 314: 1-27.
 - McGregor IA, Rahman AK, Thompson B, Thompson AM, Billewicz. (1967). La croissance des jeunes enfants de Keneba. In : *Conditions de vie de l'enfant en milieu rural en Afrique*. Paris, Centre International de l'Enfance et Dakar, Institut de Pédiatrie Sociale : 95-103
 - Myatt M, Duffield A, Seal A, Pasteur F. (2009). The effect of body shape on weight-for-height and mid-upper arm circumference based case definitions of acute malnutrition in Ethiopian children. *Annals of Human Biology*; 36(1):5-20.
 - Myatt M, Khara T, Schoenbuchner S, Pietzsch S, Dolan C, Lelijveld N, Briend, A. (2018). Children who are both wasted and stunted are also underweight and have a high risk of death: A descriptive epidemiology of multiple anthropometric deficits using data from 51 countries. *Archives of Public Health*; 76(28), 1–11.
 - Pales L. (1946). *Rapport de la Mission Anthropologique de l'A.O.F.* Rapport n°1 (Sénégal). Imprimerie du Gouvernement Général de l'A.O.F., Rufisque, 1946, 121 p.
 - Pullum T. (2006). An assessment of age and date reporting in the DHS Surveys, 1985-2003. *DHS Methodological Reports No 5*.
 - Scrimshaw NS, Taylor CE, Gordon JE. (1968). *Interactions of nutrition and infection*. WHO Monograph Series No 57. Geneva, World Health Organization.

- Scrimshaw NS, SanGiovanni JP. (1997). Synergism of nutrition, infection, and immunity: an overview. *American Journal of Clinical Nutrition*; 66:464S-477S.
- Veldhuis JD, Roemmich JN, Richmond EJ, Rogol AD, Lovejoy JC, Sheffield-Moore M, Mauras N, Bowers CY. (2005). Endocrine control of body composition in infancy, childhood, and puberty. *Endocrine Reviews*; 26(1):114-146.
- Waterlow JC. (1972). Classification and definition of protein–calorie malnutrition. *British Medical Journal*; 3: 566-569.
- Waterlow JC. (1973). Note on the assessment and classification of protein–energy malnutrition in children. *The Lancet*, 2(7820):87-89.

“Sur quoi la fondera-t-il l'économie du monde qu'il veut gouverner? Sera-ce sur le caprice de chaque particulier? Quelle confusion! Sera-ce sur la justice? Il l'ignore.”

Pascal



Created in 2003 , the **Fondation pour les études et recherches sur le développement international** aims to promote a fuller understanding of international economic development and the factors that influence it.

 **Contact**

www.ferdi.fr

contact@ferdi.fr

+33 (0)4 73 17 75 30