

Université de Montréal

**Étude d'impact : comparaison et analyse des données
anthropométriques et biologiques d'enfants d'âge scolaire
au Burkina Faso**

par

Christelle El Khouri Eddé

Département de Nutrition

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté de Médecine
en vue de l'obtention du grade de Maitrise (M.Sc)
en Nutrition

Août, 2015

© Christelle El Khouri Eddé, 2015

Résumé

L'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition (IEAN) est une initiative développée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) en 2006 pour contrer le Double Fardeau Nutritionnel (DFN). TRANSNUT est une équipe de professeurs de l'Université de Montréal et Centre collaborateur OMS sur la transition nutritionnelle et le développement. En 2009, il a participé à une étude de base au Burkina Faso, qui a recueilli des données anthropométriques et biologiques des élèves du cours moyen. Cinq ans plus tard, en 2014, de nouvelles données anthropométriques et biologiques ont été recueillies dans les mêmes écoles mais non chez les mêmes élèves. Le but de cette étude est d'analyser les données de 2014 et de comparer les résultats avec ceux de 2009, afin d'évaluer l'impact et l'efficacité de l'initiative.

C'est une étude transversale menée dans 12 écoles à Ouagadougou, la capitale du Burkina Faso. Six écoles «intervention» et six écoles «témoin» ont été sélectionnées, en tenant compte de la nature des écoles (privées/publiques) et de leurs zones géographiques (urbaines/périurbaines). L'échantillon total comprenait 651 écoliers (54,7% de filles) âgés de 8 à 14 ans. Des mesures anthropométriques et de la concentration d'hémoglobine ont été effectuées sur tous les enfants, alors que le rétinol sérique a été mesuré dans un sous-échantillon aléatoire de 184 enfants. Le test de t et du Khi Carré ont été utilisés pour la comparaison des moyennes et des proportions.

L'âge moyen des enfants était de $11,4 \pm 1,1$ ans. Les taux d'anémie et de déficience en vitamine A (DVA) étaient respectivement de 35,6% et 26,1%. La prévalence du retard de croissance était de 8,1% et celle de la maigreur, de 8,4%. Chez les filles, 2,8% étaient en surpoids contre 0,9% des garçons ($p = 0,036$). Moins d'élèves étaient maigres en 2014 (7,2%) par rapport à 2009 (13,7%), et ce résultat était significatif avec $p < 0,001$. En outre, les carences en micronutriments ont été moins présentes dans les écoles en 2014 par rapport à 2009 ($p = 0,007$ pour l'anémie, $p = 0,044$ pour la DVA).

Nos résultats ont confirmé une grande amélioration du statut nutritionnel des enfants d'âge scolaire à Ouagadougou. Toutefois, il n'est pas possible présentement d'évaluer jusqu'à quelle mesure l'IEAN a été impliquée dans ces changements, ni d'attribuer ces améliorations à

cette initiative uniquement. Les recherches futures doivent être axées sur des études longitudinales pour évaluer de manière plus précise la croissance des mêmes élèves qui font partie des écoles « amies de la nutrition ».

Mots-clés : anthropométrie, malnutrition, déficiences en micronutriments, état nutritionnel, enfants d'âge scolaire, Burkina Faso, Afrique.

Abstract

The Nutrition-Friendly School Initiative (NFSI) is an initiative developed by the World Health Organization (WHO) in 2006 to counter the Double Burden of Malnutrition (DBM). TRANSNUT is a team of researchers from the University of Montreal, and a WHO collaborating Centre on Nutrition Changes and Development. In 2009, it participated in a baseline study in Burkina Faso, which collected anthropometric and biological data from students aged 7 to 14 years. Five years later, in 2014, new anthropometric and laboratory data were collected in the same schools but not from the same students. The aim of this study is to analyze the data collected in 2014 and to compare the results with those from 2009 in order to assess the impact of the initiative.

This is a cross-sectional study conducted in 12 schools in Ouagadougou the capital of Burkina Faso. Six "intervention" schools and six "control" schools were selected, taking into account the nature of schools (private/public) and their geographical area (urban/suburban). The total sample consisted of 651 schoolchildren (54,7% girls) aged 8-14 years old. Anthropometric and hemoglobin measurements were performed on all children, whereas serum retinol was measured in a random sub-sample of 184 children. Independent t-test and chi square tests were used for comparison of means and proportions.

Mean age of the children was 11.4 ± 1.1 years. Rates of anemia and vitamin A deficiency (VAD) were 35.6% and 26.1% respectively. The prevalence of stunting was 6.3% and that of thinness, 7.2%. Among girls, 2.8% were overweight compared to 0.9% of boys ($p = 0.036$). Fewer students were thin in 2014 (7.2%) compared to 2009 (13.7%), and this difference was significant with $p < 0.001$. Also, micronutrient deficiencies were less present in schools in 2014 in comparison with 2009 ($p = 0.007$ for anemia, $p = 0.044$ for VAD).

Our results point to a significant improvement in the nutritional status of school children in Ouagadougou. However, it is not currently possible to assess to what extent NFSI was involved in these changes, nor to attribute these improvements to this initiative only.

Future research should focus on longitudinal studies to assess more accurately the growth of the same students who are part of “nutrition-friendly” schools.

Keywords : Anthropometry, malnutrition, micronutrient deficiency, nutritional status, school-aged children, Burkina Faso, Africa.

Table des matières

Introduction.....	1
Recension des écrits.....	3
1. Le double fardeau nutritionnel à travers le monde	3
1.1. Le double fardeau nutritionnel au Moyen-Orient	3
1.2. Le double fardeau nutritionnel en Asie.....	3
2. L'urbanisation et la transition nutritionnelle.....	4
3. Le double fardeau nutritionnel en Afrique.....	7
4. Présentation de L'initiative des Écoles Amies de la Nutrition (IEAN)	9
4.1. Le Projet Pôle DFN et l'IEAN.....	9
4.2. Développement de l'IEAN à partir de l'Initiative des Hôpitaux Amis des Bébés	10
4.3 Déroulement de la création de l'IEAN par l'OMS et ses partenaires.....	12
4.4. Interventions nutritionnelles et autres visant la santé des enfants.	13
4.4.1. L'initiative « FRESH »	13
4.4.2. L'Essential Package	13
4.4.3. Food for Education	14
4.4.4. Le projet MaiMwana.....	14
4.5. Études d'impact des interventions communautaires et nutritionnelles a travers le monde.....	14
5. Le développement physique et mental de l'enfant	16
5.1. La croissance physique et motrice	16
5.2. La croissance mentale et l'alimentation.....	17
5.3. Les effets des carences nutritionnelles sur le développement de l'enfant.	18
6. Transition nutritionnelle et DFN au Burkina Faso	19
6.1. Présentation démographique et sanitaire du Burkina Faso	20
6.2. L'étude de base de 2009: mise en place de l'IEAN à Ouagadougou.....	21
Méthodologie	23
1. Mise en contexte	23
2. Présentation de l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition	23

3. Population et échantillonnage	24
4. Les mesures anthropométriques et biologiques	26
5. Les références de croissance de l’OMS pour les enfants d’âge scolaire et les adolescents	29
6. Analyses statistiques	31
7. Considérations éthiques	31
8. Conflits d’intérêt	31
Résultats	32
Résultats complémentaires.....	61
Discussion	66
1. La malnutrition chez les écoliers de Ouagadougou en 2014	66
2. La transition nutritionnelle : facteur de risque des MNT	68
3. Le nombre de carences et le DFN	69
4. La tension artérielle chez les écoliers de Ouagadougou en 2014	70
5. Rôle de l’industrialisation : comparaison entre les écoles urbaines et périurbaines.....	71
6. Analyse de l’efficacité de l’Initiative des Écoles Amies de la Nutrition	72
6.1. Différence entre étude de base et étude d’impact	72
6.2. Différence entre les écoles « intervention » et « témoin ».....	73
7. Forces et limites de l’étude d’impact	76
Conclusion	78
Bibliographie.....	79
Annexes.....	i

Liste des tableaux

<u>Tableau I</u> : Moyenne (\pm ET) des Pressions Artérielles Systoliques (PAS) et <i>Pressions Artérielles</i> Diastoliques (PAD) chez les enfants de Ouagadougou en 2014.....	62
<u>Tableau II</u> : <i>Prévalences</i> des Pressions Artérielles Systoliques élevées et Diastoliques élevées chez les enfants de Ouagadougou en 2014.	63
<u>Tableau III</u> : Nombres de cas de pressions artérielles élevées chez les enfants de Ouagadougou en 2014.....	64
<u>Tableau IV</u> : Comparaison du nombre de pression artérielle élevée entre les années 2009 et 2014.....	65

Liste des figures

<u>Figure 1</u> : Impact des processus d'intégration du marché sur l'alimentation (18).....	5
<u>Figure 2</u> : Diagramme de dispersion qui montre la relation entre le PIB (axe horizontal) et l'IMC (axe vertical) dans 175 pays (19).....	6
<u>Figure 3</u> : Relation entre le développement économique (PIB par habitant) et les statuts nutritionnels (retard de croissance et obésité) (21).	8
<u>Figure 4</u> : Environnement interconnecté de l'IEAN (25).	10
<u>Figure 5</u> : Carte de Ouagadougou, localisant les 12 écoles incluses dans l'étude (47).	26

Liste des annexes

<u>Annexe 1</u> : Formulaire d'auto-évaluation de l'IEAN	Error! Bookmark not defined.
<u>Annexe 2</u> : Les courbes de croissance de l'OMS pour les enfants d'âge scolaire et les adolescents.....	ii
<u>Annexe 3</u> : Certificat d'approbation éthique - CERES.....	x
<u>Annexe 4</u> : Formulaire d'accord des co-auteurs	xii

Liste des abréviations et sigles

BCPE : Box-Cox-Power Exponential

CC : Centre Collaborateur

CDC : Centers for Disease Control and Prevention

CM1 : Cours Moyen 1

DBM : Double Burden of Malnutrition

DFN : Double Fardeau Nutritionnel

DVA : Déficience en Vitamine A

EMRC : Étude Multicentrique sur les Références de Croissance

ET : Ecart-type

FAO : Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

GSHS : Global School-based Student Health Survey (Enquête sur la Santé des Élèves en Milieu scolaire)

Hb : Hémoglobine

IEAN : Initiative des Écoles Amies de la Nutrition

IHAB : Initiative des Hôpitaux Amis des Bébés

IMC : Indice de Masse Corporelle

IMCAZ : Score Z de l'IMC-pour-l'Âge

IOTF : International Obesity Task Force

MNT : Maladies Non Transmissibles

NCHS : National Center for Health Statistics

NFSI : Nutrition-Friendly School Initiative

NHANES : National Health And Nutrition Examination Survey

NHBPEP : National High Blood Pressure Education Program

NICE : National Institute for Clinical Excellence

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONU : Organisation des Nations Unies

PAD : Pression Artérielle Diastolique
PAM : Programme Alimentaire Mondial
PAS : Pression Artérielle Systolique
PIB : Produit Intérieur Brut
PNB : Produit National Brut
RBP : Retinol-Binding Protein (Protéine de liaison du Rétinol)
SPSS : Statistical Package for the Social Sciences (Logiciel statistique pour les sciences sociales)
SSE : Statut Socio-Economique
TAZ : Score Z de la Taille-pour-l'Âge
TTR : Transthyretine
UN : United Nations
UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organisation Educationnelle, Scientifique et Culturelle des Nations Unies)
UNICEF : United Nations International Children's Emergency Fund (Fonds des Nations Unies pour l'Enfance)
US\$: United States Dollars
VAD : Vitamin A Deficiency
VIH : Virus d'Immunodéficience Humaine
WHO : World Health Organization

À moi-même

Remerciements

Arrivée à la fin de mon travail de mémoire, j'aimerais adresser mes plus sincères remerciements aux personnes qui m'ont encadrée et m'ont soutenue académiquement et moralement durant mon séjour à Montréal.

Je remercie et je suis pleinement reconnaissante à mon directeur de recherche, Dr. Malek Batal. Je vous remercie pour votre entière disponibilité et votre encadrement professionnel durant tout mon parcours de maîtrise. Être votre étudiante m'a beaucoup enrichie de rigueur scientifique et d'un esprit critique en général, et dans le domaine de la nutrition spécifiquement. Merci pour votre présence et vos commentaires que j'écoutais attentivement et qui m'ont permis d'élargir toujours mes réflexions et de chercher davantage d'informations et de connaissances. Les acquis que j'ai semés durant ce travail vont me permettre de devenir une personne innovante et responsable afin de contribuer à la promotion de la santé et de la nutrition dans le monde.

Je tiens aussi à remercier Professeur Hélène Delisle, que j'ai eu l'honneur de connaître durant mon travail au bureau de TRANSNUT. Votre parcours et votre expérience scientifique et enrichissante sont un exemple à suivre par chaque professionnel en nutrition et en santé publique pour cibler le succès et la réussite.

Je remercie sincèrement les membres du jury qui ont accepté de corriger ce travail et de partager les commentaires utiles à l'amélioration de ce mémoire.

Je tiens également à remercier les enseignants et tout le personnel du département de nutrition de l'Université de Montréal. Je ne pourrais oublier le soutien et l'appui de M. Jean-Pierre Lefebvre, qui n'a jamais hésité à m'aider dans toutes les questions d'ordre académique, depuis bien avant mon admission jusqu'aux derniers jours à l'université. Merci pour votre patience.

À ma collègue Zeina, avec qui j'ai partagé d'agréables moments à TRANSNUT, pleins de rire, de joies, de fatigue et de travail. Je te souhaite une bonne continuation et une belle carrière.

Maman, Papa, je ne serais pas où je suis aujourd'hui sans votre amour, votre aide et votre soutien continus. Merci d'avoir été à mes côtés à chaque fois que j'en avais besoin,

et même quand je pensais que je n'en avais pas besoin. Je vous remercie de m'avoir laissé choisir et poursuivre ma propre voie. Je vous dois tout mon succès et ma réussite, et je vous promets de vous rendre toujours fiers de moi.

Philippe et Frédéric, vous m'avez aidée à rester stable en période d'instabilité, et vous m'avez guidée dans mes moments de confusion. Merci d'avoir toujours été à l'écoute quand j'avais besoin de quelqu'un à qui parler. Merci de me rappeler que tout ira bien à chaque fois que je perdais foi et confiance en moi.

Enfin, un grand merci à mon oncle et sa famille et à toutes les personnes que j'ai eu la chance de rencontrer tout au long de mon séjour à Montréal. L'amitié qui s'est créée entre nous ne sera jamais rompue, malgré les 8000 km de distance et 7 heures d'intervalle horaire qui nous séparent.

Introduction

Les études en Afrique ont longtemps porté sur les maladies infectieuses répandues dans ces pays comme la malaria, le Virus d'Immunodéficience Humaine (VIH) et le Sida, la tuberculose, le paludisme et bien d'autres (1-4). Les programmes de prévention contre ces maladies et la promotion d'une bonne hygiène ont comme but de réduire la mortalité infantile et les prévalences des maladies infectieuses et d'améliorer la santé maternelle (5). Ces objectifs font partie des huit Objectifs du Développement du Millénaire (ODM) énoncés en 2000 suite au Sommet du Millénaire de l'Organisation des Nations Unies (ONU) à New York (6). L'objectif 4 porte sur la réduction de la mortalité des enfants en ayant comme cible principale de baisser de deux tiers, entre 1990 et 2015, le taux de mortalité des enfants de moins de 5 ans (7). Selon un rapport de 2013 publié par l'ONU concernant les ODM (5), bien que depuis 1990 le taux de mortalité infantile ait diminué de 41%, ce qui représente une survie d'environ 14 000 de plus chaque année, une progression plus rapide et plus d'efforts sont nécessaires afin d'atteindre la cible en 2015. Mais voici que depuis quelques années, on entend le nouveau terme de double fardeau nutritionnel (DFN), dans les pays en développement de l'Amérique Latine et de l'Asie, mais aussi en Afrique, parmi les pays les plus pauvres. Le double fardeau nutritionnel consiste en l'existence de 2 aspects distincts, mais toutefois liés de la malnutrition. D'une part on retrouve une dénutrition et une maigreur, couplées à des problèmes de déficiences nutritionnelles, et maintenant de plus en plus, à un surpoids et/ou à l'obésité et aux maladies non-transmissibles (8). Ce double fardeau peut se retrouver dans le même pays, la même région, la même famille (9), voire la même personne (10). Selon le Programme Alimentaire Mondial (PAM), 66 millions d'enfants d'âge scolaire dans les pays en développement fréquentent leurs écoles en ayant faim, dont 23 millions en Afrique seulement (11). Et, d'après le rapport des statistiques de l'Organisation Mondiale de la Santé de 2014, il a été estimé que la prévalence de surpoids et d'obésité chez les enfants a augmenté de 5% en 1990 à 7% en 2012 (12). De plus selon l'OMS de la Région Africaine, le nombre d'enfants en surpoids a augmenté de 4 à 10 millions durant la même période (12).

Dans ce mémoire, l'objectif principal est l'analyse des données anthropométriques et biologiques de 2014, chez les enfants d'âge scolaire des mêmes écoles de l'étude de base de 2009, dans le cadre d'une évaluation de l'efficacité de l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition (IEAN) mise en place dans ces écoles. L'analyse portera donc en premier temps sur la comparaison des prévalences des différentes variables nutritionnelles entre les élèves de 2009 et de 2014. Ensuite, l'effet de l'intervention sera étudié par la comparaison des écoles « intervention », et des écoles « témoin » à l'étude de base par rapport à l'étude d'impact.

La première partie de ce travail est une introduction suivie d'une recension des écrits présentant le double fardeau nutritionnel, la transition nutritionnelle, l'IEAN et les études d'impact d'autres interventions similaires. La seconde partie décrit la méthodologie de l'étude de 2014 et présente la nature de l'IEAN et les actions entreprises depuis 2009. Ensuite, les résultats de ce mémoire sont présentés sous forme d'un article scientifique, en préparation pour être soumis dans la revue « Nutrition Journal ». Enfin, la dernière partie propose une discussion de ce travail qui se termine par une conclusion générale.

Recension des écrits

1. Le double fardeau nutritionnel à travers le monde

Plusieurs études ont déjà examiné la prévalence simultanée de dénutrition, de surpoids et d'obésité chez des enfants et des adolescents, à travers le monde et en Afrique, dans le but de pouvoir expliquer la présence du double fardeau nutritionnel.

1.1. Le double fardeau nutritionnel au Moyen-Orient

Au Moyen-Orient, en 2004 une étude a été faite chez 3 923 adolescents qataris âgés de 12 à 17 ans et vivant dans des zones urbaines et périurbaines, et les résultats ont montré une prévalence de 7,2%, 23,8% et 6,3% de dénutrition, surpoids et obésité, respectivement (13). L'Indice de Masse Corporelle (IMC), calculé par le poids (kg) divisé par la taille au carré (m^2) a été utilisé dans cette étude et le surpoids et l'obésité ont été définis selon les seuils de référence du International Obesity Task Force (IOTF) par un IMC supérieur au 85^{ème} percentile et au 95^{ème} percentile, respectivement. La maigreur a été basée sur le seuil du Centers for Disease Control and Prevention (CDC) et est représentée par un IMC inférieur au 5^{ème} percentile. Les mesures anthropométriques ont été faites par les infirmières des écoles, et n'ont été prises qu'une seule fois, ce qui limite la validité des mesures. Toutefois, cet échantillon est représentatif de la population scolaire, car 90% des élèves vont à l'école à Qatar, étant donné que c'est le gouvernement qui paye les dépenses de l'éducation. Ces pourcentages sont cependant différents de leurs voisins iraniens chez qui les prévalences sont de 18,4%, 2,2% et 10,8% pour la dénutrition, le surpoids et l'obésité, respectivement (14). Ainsi, plusieurs auteurs ont démontré la présence du double fardeau nutritionnel par la persistance de la dénutrition, et l'augmentation des prévalences de surpoids et d'obésité au Moyen-Orient (15-17).

1.2. Le double fardeau nutritionnel en Asie

En Asie, d'autres études ont aussi démontré l'existence d'un double fardeau nutritionnel chez les enfants, et cela selon les zones géographiques. Selon une étude menée au Vietnam en 2011 auprès de 1920 enfants âgés de 6 mois à 12 ans (18), les prévalences de

surpoids et d'obésité étaient les plus importantes avec 15,7% et 18% respectivement dans les zones urbaines, tandis que la maigreur était plus prévalente (13,7%) dans les zones rurales. La prise des mesures a été faite en double pour le poids et la taille, et la moyenne a été utilisée pour les analyses. Si la différence entre les deux mesures était supérieure à 10%, une troisième mesure devait être prise, et la médiane est alors calculée pour les analyses. Avec le logiciel Anthroplus, des scores Z de l'IMC-pour-l'âge (IMCAZ) et de la taille-pour-l'âge (TAZ) ont été générés. Les références utilisées pour définir les différents statuts nutritionnels étaient basées sur celle de l'OMS, à savoir que le retard de croissance représente un TAZ < -2 écarts-type (ET) et la maigreur un IMCAZ < -2 ET. Le surpoids et l'obésité sont définis respectivement par un IMCAZ +1 ET et +2 ET (19). La taille de l'échantillon de cette étude a été estimée à partir d'une prévalence de 35% d'anémie chez les enfants âgés de plus de 5 ans au Vietnam, et un sous-échantillon a été choisi au hasard pour les analyses biologiques : les résultats ont montré des prévalences de 11 à 14% d'anémie et de 5 à 10% de déficience en vitamine A chez les enfants âgés de 6 à 12 ans. Une autre étude faite en Thaïlande (20), durant la même année, incluant 1 670 élèves âgés de 6 mois à 13 ans et résidant en zone urbaine, a montré que 15,2% des enfants étaient dénutris, 5,2% souffraient de surpoids, et 1,0% seulement étaient obèses. Aussi, le retard de croissance et la maigreur étaient plus prévalents dans les zones rurales. Cette étude est similaire à l'étude du Vietnam, en ce qui concerne les procédures de mesures et l'utilisation des références de l'OMS pour les scores-Z, mais diffère par la taille de l'échantillon qui a été estimée à partir d'une prévalence d'anémie de 22%. Ces deux études présentées ci-dessus s'intègrent dans une étude appelée « South East Asian Nutrition Survey - SEANUTS », qui est une étude multicentrique réalisée chez 16 744 enfants âgés jusqu'à 13 ans dans le sud-ouest de l'Asie. Selon les chercheurs, et suite à cette enquête, la sous-alimentation était plus commune dans les zones rurales surpassant deux fois plus les taux de surpoids et d'obésité, alors que la suralimentation était principalement un phénomène urbain (20).

2. L'urbanisation et la transition nutritionnelle

Cette nouvelle problématique de double fardeau nutritionnel a été expliquée par une rapide apparition et installation dans les pays en développement de la transition nutritionnelle : soit le passage d'une alimentation « traditionnelle » à une alimentation « occidentale ». Cette

dernière est caractérisée par une consommation plus élevée de gras, de sucres, et de produits transformés, au dépend de la consommation de fibres, de légumes, de fruits et de produits naturels (8). À ceci s'ajoute l'installation de l'industrialisation et l'urbanisation dans les pays en développement, ce qui a accéléré la propagation de la transition nutritionnelle aussi bien chez les enfants que chez les adultes, par un mode de vie sédentaire, et une diminution de l'activité physique. Dans une revue publiée par Corinna Hawkes en 2006 (21), cette dernière explore un des mécanismes centraux de la mondialisation qui est l'intégration des marchés mondiaux, et comment celle-ci affecte les différents modèles alimentaires. La figure 1 (p.5) est adaptée et traduite de ce travail et représente trois principaux processus de mondialisation qui ont un impact sur les habitudes alimentaires.

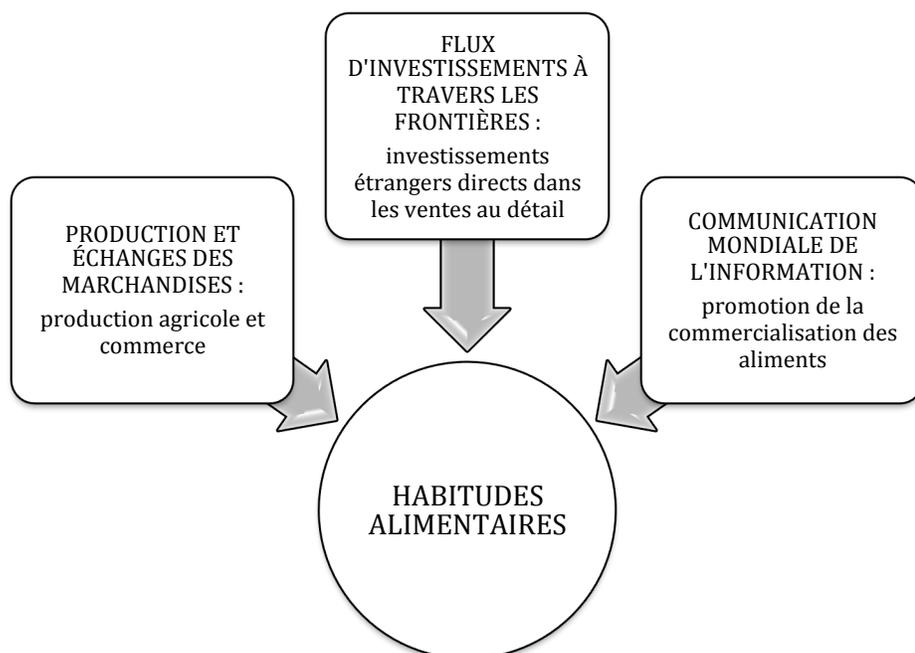


Figure 1 : Impact des processus d'intégration du marché sur l'alimentation

(Source: Figure adaptée de 21).

Elle affirme aussi que les transitions alimentaires sont en étroite relation avec le processus de mondialisation. Ainsi, en modifiant radicalement la nature des systèmes agro-alimentaires, la mondialisation modifie également la quantité, le type, et le coût des marchandises disponibles pour la consommation. En effet, les processus de mondialisation

exploitent la dénutrition en baissant les prix des aliments « malsains », ce qui va augmenter les risques de suralimentation. Alternativement, les aliments « sains » et adéquats vont être accessibles pour les plus riches. Par conséquent, dans les pays développés, les prévalences d'une alimentation de mauvaise qualité, d'obésité et de maladies chroniques liées à l'alimentation vont être plus élevées parmi les populations à faible revenu et à faible statut socioéconomique (SSE). Malheureusement, cette problématique tend à émerger aussi dans les pays en développement. Dans sa revue (21), Hawkes fait référence à une récente étude qui a conclu que plus le Produit National Brut (PNB) d'un pays en développement augmente, plus le fardeau d'obésité touche les groupes ayant un SSE faible. En d'autres termes, l'obésité est en train de passer d'un problème de santé pour les personnes à revenu élevé aux personnes ayant un SSE faible, et ceci en relation avec le développement économique du pays. Le diagramme de dispersion présenté dans la figure 2 (p.6) suggère une relation étroite ($r_1 = 0.57$ et $r_2=0.13$) entre l'IMC et le Produit Intérieur Brut (PIB). En fait, la relation tend à être linéaire et positive jusqu'à un PIB de 3 000 US\$ par personne par année ($r_1 = 0.57$ et $p<0.001$) (22), ce qui signifie que plus le PIB augmente, plus l'IMC va augmenter. Alors qu'au delà de ce PIB, la corrélation entre les deux mesures devient plus faible et non significative ($r_2=0.13$ et $p=0.18$). Swinburn (23) affirme aussi que c'est jusqu'à un PIB de 5 000 US\$ que cette relation linéaire va être correcte. Aussi, il a été montré qu'à des niveaux de PIB plus élevés, la relation entre l'IMC et le PIB devient relativement constante (22, 23).

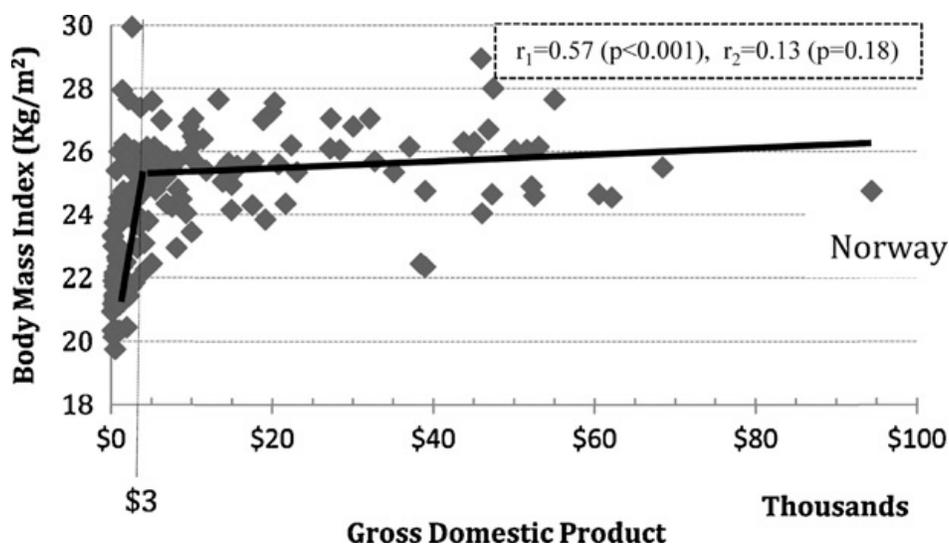


Figure 2: Diagramme de dispersion qui montre la relation entre le PIB (axe horizontal) et l'IMC (axe vertical) dans 175 pays. (Source: Figure reproduite avec autorisation de 22).

3. Le double fardeau nutritionnel en Afrique

Les pays africains ne sont donc pas dispensés de cette vague de double fardeau nutritionnel associée à la transition économique dans de nombreux pays à revenu moyen ou faible. Cette transition est vécue à un rythme souvent différent selon les pays (24). Bien que quelques pays africains aient encore des taux relativement faibles de surpoids et d'obésité, les résultats ont prouvé la rapidité de l'installation de la transition nutritionnelle qui a abouti à la persistance de la dénutrition et du retard de croissance, en plus de l'apparition des troubles de surcharge pondérale. Une étude a été menée dans des zones urbaines au Nigeria en 2012 comportant 1599 élèves âgés de 5 à 18 ans (25). Les résultats appuient l'idée du DFN avec une prévalence de 19,0% de maigreur et 12,3% de surpoids/obésité chez la catégorie d'âge d'élèves de 5 à 9 ans, et 8,3% de maigreur chez ceux âgés de 10 à 18 ans, en plus d'un taux de 15,6% de surpoids/obésité. La prise du poids et de la taille s'est faite en une seule mesure, et l'âge des étudiants leur a été demandé dans un questionnaire auto-administré, et a été ensuite confirmé par les registres de l'école. Les élèves ont été ensuite classés selon leur IMC : l'obésité étant définie par un $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$, le surpoids par un $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$ et la maigreur divisée en 3 grades, selon un $IMC < 16 \text{ kg/m}^2$, $< 17 \text{ kg/m}^2$ et $< 18,5 \text{ kg/m}^2$.

Des données transversales prises de l'enquête « Global School-based Student Health Survey (GSHS) » (Enquête sur la santé des élèves en milieu scolaire) menée dans 7 pays africains chez 23 496 élèves âgés de 11 à 17 ans ont été utilisées pour une étude effectuée en 2014 par Manyanga et al. (26). Les tailles des échantillons ont varié de 1 711 écoliers à Djibouti jusqu'à 6 155 enfants au Ghana. Le double fardeau nutritionnel était présent dans tous les pays, toutefois différant par les taux de maigreur, de surpoids et d'obésité. Les prévalences de dénutrition variaient de 2,6% en Égypte à 31,9% au Djibouti. En ce qui concerne le surpoids, les taux allaient de 8,7% au Ghana jusqu'à 31,4% en Égypte. Et enfin, pour l'obésité, les taux se trouvaient entre 0,6% au Benin et 9,3% en Égypte. Il est à noter toutefois que l'IMC a été calculé à partir de la taille et du poids qui ont été auto-rapportés par les participants, et qu'aucune mesure n'a été prise. La classification du statut corporel a été basée sur les courbes de croissance de l'OMS de 2007, selon l'IMC-pour-âge et le sexe. Selon les statistiques sanitaires mondiales de l'OMS en 2006 (24), il existe aussi une relation entre le

développement économique et la dénutrition d'une part, et l'obésité d'autre part. En effet, comme le révèle la figure 3 (p.8), la prévalence de dénutrition, définie par le retard de croissance chez les enfants de moins de 5 ans, diminue lorsque le PIB par habitant en dollars internationaux augmente. Cependant, les taux d'obésité chez l'adulte, calculés à partir du pourcentage de femmes obèses âgés de plus de 15 ans, tendent à augmenter de façon linéaire avec l'augmentation du PIB. Par conséquent, si on considère que les pays à revenu moyen se trouvent au centre de ce graphique, on peut remarquer une coexistence de fortes prévalences de dénutrition et d'obésité (24).

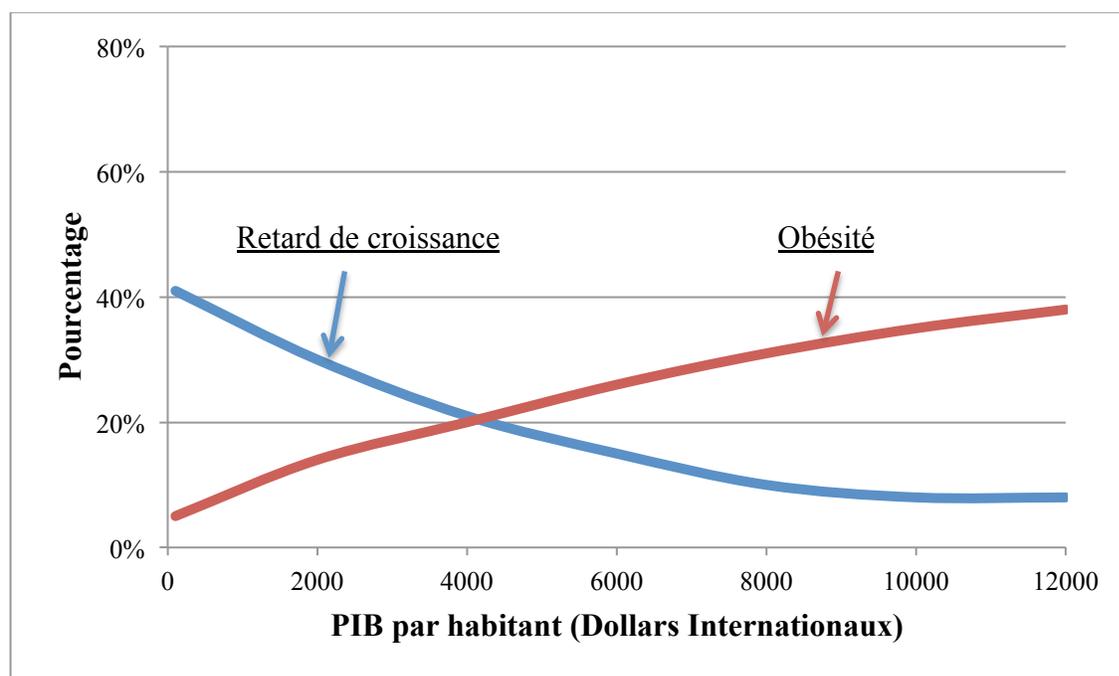


Figure 3: Relation entre le développement économique (PIB par habitant) et les statuts nutritionnels (retard de croissance et obésité)

(Source: Figure adaptée de 24).

Dès lors, cette transition économique par une augmentation du PIB dans les pays en développement engendre des transitions démographiques (l'exode des zones rurales aux zones urbaines), épidémiologiques (la diminution des maladies infectieuses au profit d'une augmentation des maladies non transmissibles) et nutritionnelles (la consommation moindre d'aliments traditionnels au profit d'aliments transformés et à forte densité énergétique) (23).

4. Présentation de L'initiative des Écoles Amies de la Nutrition (IEAN)

4.1. Le Projet Pôle DFN et l'IEAN

Pour contrer cette rapide installation de la transition nutritionnelle dans les pays africains et surtout parmi les enfants d'âge scolaire, un projet intitulé « Le Pôle francophone sur le double fardeau nutritionnel » s'est déroulé entre 2008 et 2014. C'est le premier réseau francophone d'experts et de professionnels en nutrition en Afrique de l'Ouest. Dans son dossier politique, le projet Pôle DFN, précise ainsi que la prévention et la lutte contre le double fardeau nutritionnel commence à l'âge scolaire chez les enfants qui bâtissent leurs habitudes, en promouvant une bonne alimentation et une activité physique régulière (27). Le Pôle DFN s'est appuyé dans ses activités sur l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition (IEAN) de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

L'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition est un programme scolaire ayant pour but de ralentir et de réduire la propagation du double fardeau de la malnutrition parmi les enfants d'âge scolaire. Elle a été développée en 2006 par l'OMS suite à la réunion des experts de la santé portant sur l'obésité infantile qui a été tenue à Kobe au Japon en 2005 (28). Les principaux facteurs influençant l'embonpoint et l'obésité chez les enfants ont été discutés et les problèmes d'évaluation du surpoids et de l'obésité chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents ont été soulevés. Ceci a mené tout d'abord au développement de nouvelles références standard internationales pour la surveillance de la croissance des enfants et des adolescents âgés de 5 à 19 ans (19). Cette réunion a également examiné les programmes d'intervention au niveau scolaire et leur efficacité dans la prévention de l'obésité infantile, et c'est dans ce contexte que l'IEAN a été créée.

L'objectif de la mise en place d'une telle initiative est de créer un environnement interconnecté reliant les écoles et les communautés par la réalisation et le respect des programmes de promotion nutritionnelle. Comme le montre la figure 4 (p.10), l'IEAN a été conçue pour aborder tous les aspects de la malnutrition, selon la situation de chaque pays, en impliquant le gouvernement, la communauté locale, les enseignants, les parents, et les élèves.

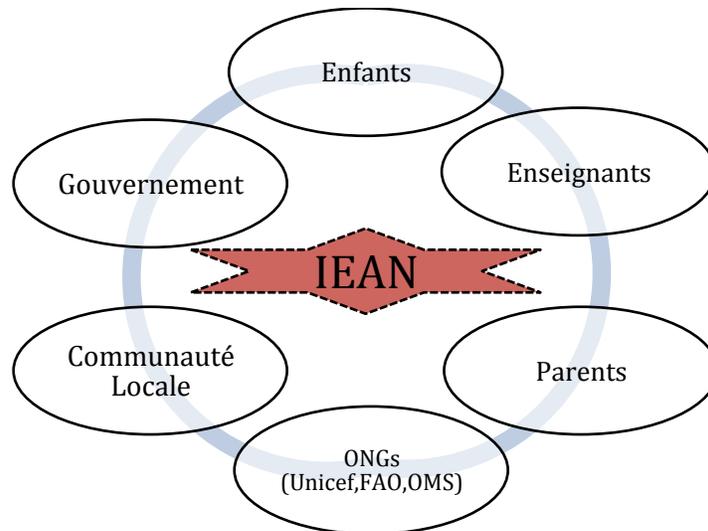


Figure 4 : Environnement interconnecté de l'IEAN (Source: Figure adaptée de 28).

4.2. Développement de l'IEAN à partir de l'Initiative des Hôpitaux Amis des Bébé

L'IEAN a été développée en se basant sur l' «Initiative des Hôpitaux Amis des Bébé» (IHAB). Cette dernière a été le fruit de la Déclaration d'Innocenti écrite en 1990 durant la réunion des responsables politiques de l'OMS et de l'UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund) à Florence, Italie. Son slogan porte sur la protection, la promotion et le soutien de l'allaitement maternel (29). L'IHAB cible alors les maternités des hôpitaux qui vont être désignées «amis des bébé» lorsque l'allaitement chez la femme enceinte est réussi dans ces hôpitaux et répond à dix mesures spécifiques mises en œuvre, en plus du refus des substituts de lait maternel, des biberons ou des tétines, que ça soit gratuitement ou à faible coût (30).

L'introduction de l'IHAB dans les milieux hospitaliers autour du monde s'est suivie de plusieurs études pour évaluer l'impact et mettre en relief aussi bien les succès que les limites de cette initiative (31)(32). La mise en œuvre de l'IHAB est associée à des changements positifs dans l'allaitement maternel exclusif à un niveau qui aboutirait à de meilleurs résultats de santé chez les enfants en général et à une amélioration de la survie dans les pays en développement (31)(32).

Dans une première étude faite au Maine, aux Etats-Unis (31), seulement un tiers (34,6%) des mères des hôpitaux accrédités « Amis des Bébé » ont déclaré avoir été exposées à sept des dix pratiques de l'allaitement maternel reconnues comme conditions de l'IHAB. Plus d'un quart (28,4%) des mères des hôpitaux accrédités ont déclaré avoir reçu un paquet cadeau avec le lait infantile. Malgré cela, les auteurs ont déclaré que l'IHAB est efficace pour augmenter de 8,6% l'initiation à l'allaitement chez les mères les moins éduquées (31). Une seconde étude a utilisé des données au niveau de 14 pays en développement (dont le Ghana, le Mali, le Niger etc ...) pour examiner la relation entre la programmation de l'IHAB et l'allaitement maternel exclusif (32). La mise en œuvre de l'IHAB a été associée à des augmentations annuelles moyennes de 1,11% ($p < 0,001$) dans le taux d'allaitement maternel exclusif des nourrissons de moins de six mois. Cependant, ces taux ne sont pas statistiquement différents de ceux de l'avant-IHAB (32). Ces deux études ont montré qu'il existe une forte complexité dans la réalisation d'interventions de santé publique en plus de la conformité à ces initiatives. Le respect des règles et des démarches des actions communautaires pourrait avoir un plus grand impact sur la santé, aussi bien des enfants que des mères (31,32)

Ainsi, de la même manière que l'IHAB, cinq principes et conditions de base de l'IEAN doivent être respectés pour qu'une école puisse avoir l'appellation « Amie de la Nutrition » (28).

1. L'application d'une politique nutritionnelle à l'école
2. La formation des enseignants, intervenants et parents à cette politique
3. L'intégration de la nutrition au curriculum scolaire par des activités culinaires ou d'apprentissage sur les aliments
4. Le développement d'un environnement propice à la nutrition et la santé en rendant par exemple les cantines ou les marchés externes plus sains et nutritionnels
5. L'offre aux élèves de services de nutrition et de santé, par une surveillance adéquate et régulière du poids, taille et des chartes de croissance des enfants par des enseignants formés.

4.3 Déroulement de la création de l'IEAN par l'OMS et ses partenaires

Les principes et conditions de cette initiative ont été développés par l'OMS et ses organismes partenaires durant une réunion de réflexion qui s'est déroulée en Février 2006 à Montreux en Suisse (33). Tout d'abord, un examen des programmes scolaires déjà en vigueur ayant comme objectif la réduction de la malnutrition a été établi. Ensuite, l'efficacité des programmes d'intervention en cours portant sur l'obésité infantile dans les milieux scolaires a été évaluée. Par conséquent, pour la construction de la structure de l'IEAN, les données probantes ont été basées sur des preuves et des critiques retenues à travers une revue systématique de la Cochrane Library (34), en plus de revues systématiques qualitatives publiées par Flynn et al (35), et d'autres réalisées dans le cadre des lignes directrices du NICE (National Institute for Clinical Excellence) portant sur l'obésité (36). Aussi, les dimensions retenues pour concevoir le cadre conceptuel de l'IEAN se sont fondées sur les recommandations et les conclusions exposées durant les réunions des experts de la santé, comme la réunion sur l'obésité (Genève, Juin 1997) ou le congrès de l'OMS et de la FAO (Food and Agriculture Organization) sur les régimes alimentaires, la nutrition et la prévention des maladies chroniques (Genève, 2002). Enfin, les agences partenaires ont présenté leurs propositions et programmes en cours, comme l' « Initiative FRESH » de l'UNESCO et l'OMS entre autres (37), l' « Essential Package » de l'UNICEF et du PAM (38), et l' « Écoles-Amies des Enfants » de l'UNICEF (39). Ces diverses initiatives ont permis de faire de l'IEAN un programme scolaire différent des autres interventions, permettant d'aborder les multiples formes de malnutrition, et faisant ainsi face au double fardeau nutritionnel (28). En 2006-2007, le cadre conceptuel de l'IEAN a été mis à l'essai par des études pilotes menées dans 21 pays à travers le monde. Des commentaires généraux provenant des études des pays européens ont indiqué que l'initiative a été reçue de manière positive dans les écoles participantes (33).

Le résultat principal attendu de l'IEAN est d'augmenter le nombre d'écoles accréditées comme « Amies de la Nutrition ». Ceci va permettre d'une part à la communauté locale, aux parents, et aux enseignants d'avoir des liens étroits en ce qui concerne les services de santé afin de promouvoir le bien-être nutritionnel des enfants. D'autre part, ceci va contribuer au développement d'un environnement propice à la promotion de la santé des élèves et à

l'amélioration aussi bien de leur apprentissage et résultats scolaires, que de leurs habitudes alimentaires et leur mode de vie à long terme.

4.4. Interventions nutritionnelles et autres visant la santé des enfants.

Il est important d'établir des interventions nutritionnelles (ou autres) rentables et qui respectent et mettent en valeur la culture locale des pays. L'étude des conditions et des contraintes auxquelles ces interventions font face aide à renforcer les politiques nutritionnelles afin qu'elles puissent être adoptées à une plus grande échelle (40). Comme mentionné précédemment, différents programmes et interventions scolaires ont été mis en place par les agences et les organismes non gouvernementaux dans le but d'améliorer la santé nutritionnelle et l'hygiène des enfants d'âge scolaire. Voici une brève description de quelques unes de ces initiatives :

4.4.1. L'initiative « FRESH »

L'initiative « FRESH » (Focusing Resources on Effective School Health) se concentre sur la promotion d'une santé scolaire efficace. Au fait, cette initiative n'est pas en elle-même une intervention, mais plutôt une approche et une collaboration au sein d'organismes pour la réussite et la réalisation des programmes et projets scolaires (37). Le cadre conceptuel de « FRESH » se base sur 4 composantes reliées à l'accès aux services de santé (santé scolaire, eau potable, etc.) et de nutrition (38).

4.4.2. L'Essential Package

En 2002, la FAO et l'UNICEF ont collaboré pour la création d'un « ensemble de mesures essentielles » (Essential Package) dans le but d'améliorer l'état nutritionnel et la santé des écoliers par des interventions rentables et fructueuses (38). Par exemple, au niveau de l'hygiène des élèves, l'UNICEF fournit le matériel et équipements nécessaires pour la consommation d'eau potable et la construction de latrines, y compris les frais d'installation. Le

but principal de ce programme est d'équiper les écoles primaires d'installations sanitaires séparées pour les filles et les garçons, et d'avoir une source propre et saine d'eau potable.

4.4.3. Food for Education

Food for Education, ou en français l'Alimentation pour l'Éducation, inclut diverses interventions. Parmi celles-ci, on cite les rations alimentaires à emporter à la maison, destinées aux filles, orphelins et autres enfants vulnérables. Aussi, la préparation de repas ou collations à l'école vise à réduire la faim à court terme, et donc d'augmenter la concentration des élèves durant les cours (38). Enfin, une branche de cette initiative appelée Food for Work, ou l'Alimentation pour le Travail, a pour but de nourrir les enseignants et les parents engagés dans les écoles afin d'améliorer la rentabilité dans l'éducation scolaire.

4.4.4. Le projet MaiMwana

Le projet MaiMwana a été établi en 2002 dans la région de Mchinji au Malawi. Son objectif est d'améliorer la santé et de réduire la mortalité des mères et des enfants âgés de moins de cinq ans (41). Dans cette intervention, des femmes locales ont été formées pour l'éducation des femmes enceintes et des nouvelles mamans. Elles ont fait cinq visites au domicile de chaque femme sur une période de six mois. (40,42). Les visites ont porté sur l'importance de l'allaitement exclusif des enfants durant leurs six premiers mois et d'une alimentation variée et nutritive à plus long terme. Aussi, l'éducation a été axée d'une manière particulière sur la façon dont cela pourrait être réalisé en utilisant des aliments disponibles localement (42).

4.5. Études d'impact des interventions communautaires et nutritionnelles a travers le monde.

Corinna Hawkes (43) présente une revue des actions menées en santé publique dans le but de promouvoir une alimentation saine par le biais de l'éducation nutritionnelle et les changements dans l'environnement alimentaire et évalue leur rendement. À Trinité-et-Tobago, un essai randomisé contrôlé a constaté qu'une intervention sur l'éducation nutritionnelle faite uniquement dans les écoles a conduit à une moindre consommation d'aliments frits, de collations riches en matières grasses, de sucre, de sel et de boissons-sodas (44). Aussi, dans le nord de l'Inde, un essai contrôlé évaluant une intervention nutritionnelle chez des adolescents urbains a montré que six mois plus tard, le groupe d'intervention avait une meilleure connaissance nutritionnelle, une moindre consommation de boissons sucrées et d'aliments denses en énergie, une plus grande consommation de fruits et une diminution de l'IMC (45). D'autres essais randomisés contrôlés effectués au Brésil et au Royaume-Uni, ont montré que les interventions éducatives pour réduire la consommation de boissons gazeuses ont été efficaces (46).

Outres les interventions nutritionnelles menées par les organismes mondiaux non gouvernementaux, d'autres études ont évalué l'impact d'interventions communautaires dans les pays en développement. Ces dernières visent la promotion de l'hygiène et la prévention contre la diarrhée, et l'amélioration de l'accès aux soins de maternité (47, 48, 49). Au Nord-Est de la Thaïlande, une intervention avait comme but de promouvoir le lavage des mains aux seins des familles, surtout chez les femmes et les enfants (47). Afin d'évaluer l'impact de cette initiative, un indicateur bactériologique a été créé pour mesurer, en utilisant l'empreinte des doigts, le nombre de streptocoques fécaux. Suite à cette intervention comportementale, les auteurs ont trouvé une amélioration significative dans les comportements de la population à l'étude, et par suite, une réduction des prévalences de diarrhées (47). Dans le même contexte, un programme de promotion de l'hygiène a été lancé à Bobo-Dioulasso au Burkina Faso (48). Quatre enquêtes ont été réalisées : trois avant le début du programme et une après 3 ans visant à observer les conduites d'hygiène dans les maisons des participants. À la fin de l'intervention, les résultats ont montré une forte amélioration dans les comportements : le lavage des mains avec du savon après avoir nettoyé le derrière du bébé est passé de 13% à 31% ; la proportion des mères ayant lavé leurs mains avec du savon après l'utilisation des latrines est passée de 1% à 17%. (48).

Une autre intervention, connue sous le nom de MAMOP (Improving the management of childhood **malaria**: an experiment to bridge the gap between **mothers** and health care providers) a été menée au Burkina Faso de 2002 à 2004 (50). MAMOP vise à améliorer la gestion des cas de paludisme chez les enfants de moins de cinq ans par le partage des soins. L'intervention a ciblé trois groupes : les gardiens primaires (en général les mères des enfants), des groupes de femmes locaux et les centres de santé de la région (50). Six villages de la région de Nouna au Burkina ont été sélectionnés comme « intervention » et sept autres villages comme « témoins ». Les principales composantes de l'intervention comprenaient entre autres, la formation des participants des trois groupes cibles, la sensibilisation des communautés sélectionnées, l'approvisionnement en médicaments (chloroquine) aux chefs de groupes des femmes et leur supervision, etc. Dans l'étude d'impact de cette initiative (50), il a été montré que suite à cette intervention, la prévalence de l'anémie (29% vs 16%, $p < 0,0001$) et des paramètres de paludisme (parasitémie à *P.falciparum*, fièvre et rates palpables) était inférieure. Toutefois, les auteurs ont affirmé qu'il n'y avait pas de différences significatives entre le groupe « intervention » et le groupe « témoin ». Ceci a été expliqué par la mise en place de différentes activités de prévention et de traitement du paludisme dans la zone d'étude autre que le MAMOP. Selon les auteurs, le manque d'efficacité de l'intervention a été probablement causé par la contamination, les différences préexistantes dans la couverture du traitement du paludisme dans les deux groupes de l'étude et une résistance rapide à la chloroquine (50).

5. Le développement physique et mental de l'enfant

5.1. La croissance physique et motrice

La description de la croissance physique de l'enfant et de son développement moteur est universellement comparée aux normes de croissance de l'enfant de l'OMS. L'échantillon utilisé pour construire ces normes se compose d'un sous-échantillon de nourrissons et d'enfants inclus dans l'Étude Multicentrique sur les Références de Croissance de l'OMS (EMRC) (51). Les participants sont des enfants venant de six grandes régions à travers le monde, à savoir le

Brésil (Amérique du Sud), le Ghana (Afrique), l'Inde (Asie), la Norvège (Europe), Oman (Moyen-Orient) et les Etats-Unis (Amérique du Nord) (51). Ainsi, la maturation selon les normes est un reflet de la santé globale et de l'état nutritionnel des enfants (52).

Les Nations Unies réfèrent à la période depuis la conception jusqu'aux deux premières années de vie de l'enfant par « fenêtre d'opportunité » (53). Cette dernière se caractérise par une croissance physique rapide et importante. Durant cette période critique de la naissance jusqu'à 2 ans, le système nerveux est le plus vulnérable à la malnutrition mais le plus sensible à un traitement nutritionnel (54). En revanche, la période qui commence après la petite enfance et dure jusqu'à la puberté est souvent désignée par la période de latence ou de repos de croissance. Ces années de préscolaire et d'école primaire sont une phase de croissance primordiale au niveau social, cognitif et émotionnel de l'enfant (55). Vers l'âge approximatif de 6 ans, un phénomène de croissance normal appelé « rebond d'adiposité » se produit. C'est l'augmentation du poids corporel, et plus précisément la graisse corporelle, en préparation à la poussée de croissance pubertaire (55).

5.2. La croissance mentale et l'alimentation.

Outre son développement moteur et corporel, l'enfant croît mentalement. Selon la théorie de Piaget, le développement cognitif se divise en 4 étapes : (56)

1. le stade sensorimoteur qui s'étend de la naissance jusqu'à l'âge de 2 ans.
2. la période préopératoire qui débute vers 2 ans et se termine vers 6-7 ans.
3. le stade des opérations concrètes qui se prolonge de 6-7 ans à 11-12 ans.
4. le stade des opérations formelles qui débute vers 11-12 ans.

Chaque stade est ainsi en rapport avec l'alimentation et la nutrition. Durant le premier stade, l'enfant progresse de l'acte de succion à l'acquisition de compétences d'auto-alimentation (55). La nourriture est utilisée principalement pour satisfaire la faim. Elle permet aussi à l'enfant d'explorer son environnement. Ensuite, pendant la période préopératoire, manger devient de moins en moins le centre d'attention et est secondaire au développement

social, linguistique et cognitif (55). La nourriture peut alors être identifiée comme «bonne pour la santé», mais les raisons pourquoi elle est saine sont inconnues ou erronées. Puis, vers l'âge de 6-7 ans, l'enfant commence à se rendre compte qu'il existe des aliments nutritifs qui ont un effet positif sur la croissance et la santé. Durant cette période, l'environnement et la société influencent les choix des aliments de l'enfant (55). Enfin, au stade des opérations formelles, il y a apparition de conflits dans les choix alimentaires. Par exemple, la connaissance de la valeur nutritive des aliments peut entrer en conflit avec les préférences et les choix de l'enfant (55).

5.3. Les effets des carences nutritionnelles sur le développement de l'enfant.

Tout au long de leur développement, le nourrisson et l'enfant sont vulnérables aux carences en nutriments, à savoir la malnutrition protéique, l'anémie, la déficience en vitamine A et en iode et d'autres manques en vitamines et minéraux (57). Plus spécifiquement, les nourrissons qui souffrent de carence en fer au cours des premiers 12 mois de la vie sont susceptibles d'éprouver des effets persistants de la déficience jusqu'à l'âge adulte. Un manque d'apport en fer peut retarder considérablement le développement du système nerveux central suite à des modifications de sa morphologie, de sa neurochimie et bioénergie (57). D'autre part, diverses études portant sur des modèles animaux fournissent des preuves convaincantes quant au développement cognitif et la déficience en fer (58). En effet, la carence en fer au cours de la poussée de croissance du cerveau altère le métabolisme et la neurotransmission, la myélinisation, et les profils génétiques et protéiques (58). Outre le fer, divers micronutriments jouent un rôle primordial dans le développement du jeune enfant (54). La déficience en vitamine A augmente le risque de morbidité et de mortalité chez les enfants. Aussi, une carence en zinc, minéral essentiel pour l'ADN, la synthèse des protéines et le fonctionnement du cerveau, conduit à un retard de croissance chez l'homme et les animaux (59).

De plus, au niveau du cerveau, d'autres nutriments tels que l'acide docosahexaénoïque -acide gras oméga 3- améliorent l'acuité visuelle et le développement mental des enfants. Enfin, la carence en sélénium chez les animaux affecte les activités des enzymes cérébrales nécessaires pour le développement et le fonctionnement du cerveau (59). Ainsi, bien que les

preuves que des micronutriments peuvent être importants pour la croissance physique et le développement du cerveau chez les jeunes enfants, les chercheurs sont d'accord que plus d'études contrôlées sont nécessaires chez l'homme (59). Selon une publication dans *The Lancet* concernant le développement de l'enfant dans les pays en développement, plus de 200 millions d'enfants de moins de 5 ans n'atteignent pas leur potentiel de développement cognitif en raison de la pauvreté, la mauvaise santé, la malnutrition, et le manque de soins (60). En Tanzanie, une étude a porté sur 1036 enfants âgés de 18 à 36 mois (61). Leur croissance a été évaluée en utilisant le Bayley Scales of Infant Development. Les résultats ont conclu que la malnutrition chronique modérée et sévère (TAZ faible) a été associée à une augmentation des déficits de croissance. Tandis que les enfants émaciés ont montré un retard de développement durant la malnutrition aiguë (61). Aussi, une méta analyse incluant 68 études provenant de 29 pays à revenu faible et moyen, a observé l'association entre les scores z de la taille-pour-âge et le développement des enfants de moins de 12 ans (62). Ces données d'observation ont montré une association linéaire positive entre la croissance au cours des 2 premières années de vie et le développement cognitif et moteur chez l'enfant (62). Enfin, une étude publiée en 2014 a utilisé des données d'une cohorte d'enfants nés en 1990 en Afrique du Sud (63). Il a été conclu que le retard de croissance durant la petite enfance est fortement lié au fonctionnement cognitif chez les enfants d'âge préscolaire, mais ne semble pas affecter leur maturité sociale (63).

6. Transition nutritionnelle et DFN au Burkina Faso

TRANSNUT, une équipe de chercheurs et de professeurs de l'Université de Montréal, a été créé en 2000 et fut nommé en 2003 Centre Collaborateur (CC) de l'Organisation mondiale de la santé. Actuellement, c'est le seul CC en nutrition au Canada et la première équipe à se pencher sur l'étude de la transition nutritionnelle et du double fardeau de la malnutrition au Mali, au Bénin et au Burkina Faso. TRANSNUT est en partenariat avec le Pôle DFN depuis 2008.

6.1. Présentation démographique et sanitaire du Burkina Faso

Dans ce mémoire, je vais m'intéresser principalement à l'étude faite au Burkina Faso. C'est un pays de l'Ouest de l'Afrique, partageant des frontières avec le Mali au Nord-Ouest, le Niger au Nord-Est, et le Benin, Togo, Ghana et Cote d'Ivoire au Sud. La population du pays s'élevait à environ 17 millions en 2013 (64), vivant dans 13 régions, et 45 provinces. L'agriculture joue un rôle primordial dans l'économie et le développement du pays. Selon une estimation de la FAO en 2012, la superficie totale agricole est de 12 070 (1 000 Ha). En 2011, les céréales sont les plus produites avec 3 588 000 tonnes, alors que les légumes et les fruits ne représentent que 283 000 et 97 000 tonnes respectivement. Il existe environ un district de santé par province (65), et en 2013, l'OMS estime que 109 \$ internationaux sont consacrés aux dépenses totales sur la santé par habitant, représentant environ 6,4% du PIB pour cette même année (66). En 2013, 28% de la population vivait dans le milieu urbain, et 45,5% de la population était âgé de moins de 15 ans et l'âge médian était de 17,1 ans (64). Selon le rapport de l'OMS sur les profils des pays pour les maladies non transmissibles (MNT) publié en 2014, la prévalence d'obésité chez les adultes au Burkina Faso en 2008 était de 2,3%, et le taux de surpoids était de 13% (67). Une étude transversale faite en 2010 à Ouagadougou par Augustin Zeba et collaborateurs (68) chez 310 participants âgés de 25 à 60 ans avait comme objectif d'enquêter sur le double fardeau de la nutrition, en évaluant le statut nutritionnel d'une part et les facteurs de risques cardio-métaboliques d'autre part chez les adultes. Des mesures anthropométriques dont le poids et la taille, ont été prises pour déterminer les prévalences de dénutrition, de surpoids et d'obésité selon l'IMC calculé chez chaque individu ($<18,5\text{kg/m}^2$, $\geq 25\text{kg/m}^2$, et $\geq 30\text{kg/m}^2$ respectivement.) Aussi des échantillons sanguins ont été prélevés pour analyser le bilan lipidique et les déficiences en fer et vitamine A, et enfin la pression artérielle a été prise chez chaque participant afin d'estimer la prévalence d'hypertension chez les adultes. Les résultats ont montré que 25% des participants souffraient d'anémie, et 12,7% présentaient une déficience en vitamine A. Les prévalences de dénutrition, surpoids et obésité étaient de 9,7%, 16,8% et 7,4% respectivement. Ces observations ont pu également conclure à la présence du double fardeau nutritionnel chez les adultes à Ouagadougou, puisque 23,5% des sujets avaient au moins une déficience nutritionnelle -dénutrition, anémie ou déficience en vitamine A- et un facteur de risque cardio-métabolique comme le surpoids, l'obésité ou

l'hypertension. Une autre étude transversale a été faite par Niakara et al. (69) en 2004 chez 2087 adultes âgés de plus de 35 ans à Ouagadougou et mettait en relation l'hypertension et le développement des MNT dans les zones urbaines du pays. Les principaux résultats ont montré une prévalence de 40,2% d'hypertension, et 33% des participants présentaient un IMC supérieur à 25 kg/m². Ces études appuient le fait que la population burkinabée adulte tend vers une augmentation des facteurs de risques cardio-métaboliques et une possible aggravation de l'état de santé par l'accroissement des maladies non-transmissibles en plus de la persistance des maladies infectieuses.

6.2. L'étude de base de 2009: mise en place de l'IEAN à Ouagadougou.

C'est alors en 2009 que TRANSNUT a mené une étude de base à Ouagadougou (70). L'objectif de cette étude était d'évaluer le statut nutritionnel des élèves de 5^{ème} année dans des écoles urbaines et périurbaines de la capitale, dans le but de mettre en œuvre l'IEAN dans six écoles « intervention » et appairer à celles-ci six écoles « témoin » pour l'évaluation de l'initiative par la suite. Des mesures anthropométriques, que sont le poids, la taille et la pression artérielle, et biologiques dont la concentration de rétinol et d'hémoglobine ont été prises chez les élèves âgés en moyenne de 11,5 ans (+/- 1,2 ans), pour ensuite évaluer les prévalences de retard de croissance, de maigreur, de surpoids et d'obésité à l'aide des références des scores-Z établis par l'OMS. Aussi, la déficience en vitamine A a été étudiée chez un sous-échantillon d'élèves choisi au hasard, en plus de l'anémie chez tous les enfants (8,70-72).

En ce qui concerne la vitamine A, la carence en cette vitamine est la première cause de cécité de l'enfant au monde. Aussi, les prévalences de morbidité et de mortalité sont fortement importantes en liaison avec la carence en vitamine A et les infections courantes chez les enfants (73). Elle circule dans le sang sous la forme de rétinol sérique. La protéine de liaison du rétinol (RBP) est donc libérée avec la transthyretine (TTR) par le foie en réponse à la demande des tissus cibles pour transporter le rétinol dans le sang (74). La courte demi-vie de la RBP fait d'elle un marqueur sensible de la dénutrition aiguë et permet ainsi le dépistage de la dénutrition dans sa forme latente. Une diminution de la concentration sérique de RBP est

alors liée à la diminution du taux de rétinol, et donc à la carence en vitamine A. Selon l’OMS, cette dernière est définie comme un problème de santé publique parmi toutes les tranches d’âge lorsque les concentrations sériques en rétinol sont inférieures ou égales à 0,70 $\mu\text{mol/L}$ (73).

L’OMS a fixé des seuils pour définir l’anémie, selon l’état physiologique des personnes (femme enceinte, personnes âgées, etc.) et pour différents groupes de populations selon âge, le sexe, etc. (75). Pour les enfants âgés de 5 à 11 ans et pour les enfants âgés de 12 à 14 ans, l’anémie est définie par un taux d’hémoglobine $< 115 \text{ g/L}$ et $< 120 \text{ g/L}$, respectivement (76). Une classification de la prévalence d’anémie dans une population détermine l’importance de cette carence. Lorsque des faibles concentrations d’hémoglobine dépassent 40% et plus, l’anémie est caractérisée comme une maladie sévère de santé publique (76). Au Burkina Faso en 2010, environ 88 % des enfants de 6 à 59 mois étaient atteints d’anémie : 18 % sous une forme légère, 59 % sous une forme modérée et 11 % étaient atteints d’anémie sévère (77). Aussi, selon l’enquête démographique et de santé menée en 2010 au Burkina Faso, près d’une femme sur deux était anémiée (49%) alors que près d’un tiers des hommes souffraient d’anémie (29%) (77).

Parmi les résultats les plus significatifs de l’étude de base de 2009 (8), il a été retenu que les plus fortes prévalences chez les élèves étaient de 40,4% et 38,7% pour l’anémie et la déficience en vitamine A, respectivement. Ces prévalences étaient significativement plus élevées dans les écoles publiques que dans les écoles privées. En ce qui concerne le retard de croissance, 8,8% des élèves en souffraient, et 13,7% étaient maigres. Ces deux résultats étaient significativement plus élevés dans les écoles périurbaines que dans celles localisées dans des zones urbaines ($p < 0,05$ et $p = 0,004$ respectivement). Pour la prévalence de surpoids combinée à l’obésité, seulement 2,3% des élèves étaient affectés, mais les pourcentages étaient significativement plus élevés dans les écoles privées ($p = 0,009$) et chez les enfants âgés de 7 à 9 ans ($p < 0,05$). De plus, le nombre de carences par élève a aussi été calculé, et les résultats ont montré que 15% des élèves présentaient au moins deux déficiences nutritionnelles.

Méthodologie

1. Mise en contexte

Cette étude transversale a été réalisée en Février 2014 à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso situé en Afrique de l'Ouest. Douze écoles publiques et privées sélectionnées dans des zones urbaines et périurbaines de la capitale ont fourni l'échantillon. L'analyse des données de cette étude est une évaluation de l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition qui a été mise en place par TRANSNUT en 2009 dans ces mêmes écoles.

2. Présentation de l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition

L'initiative des « écoles amies de la nutrition » vise la prévention du DFN par la promotion de la santé, de l'hygiène et de la nutrition en milieu scolaire (78,79). Elle s'appuie sur un réseau d'acteurs animé par le désir d'améliorer l'état sanitaire des écoliers (79). Les comités scolaires sont le cœur de l'initiative. Chaque école « intervention » comprend un comité de l'IEAN, composé de huit membres, dont des parents, des élèves, un agent de santé, un représentant de la collectivité et des enseignants (78). Chaque comité doit tout d'abord évaluer la situation actuelle dans son école et faire le point sur les ressources existantes. Il est primordial ensuite de dégager les besoins prioritaires de son établissement et des élèves. Suite à ces étapes fondamentales, le comité de l'IEAN subit une auto-évaluation initiale portant sur les cinq axes de l'initiative afin d'obtenir l'appellation « École amie de la nutrition » (79,80). Un exemple du formulaire d'auto-évaluation de l'IEAN se trouve en Annexe 1. Cet exercice d'auto-évaluation est conçu pour établir un diagnostic de la situation nutritionnelle dans les écoles. Ceci facilite l'identification et la mise en place des activités de promotion de la nutrition (81). Enfin, l'accréditation est donnée suite à une évaluation externe menée par une équipe internationale. Les écoles ayant été accréditées vont subir une réévaluation tous les deux ans (81).

Dans le cadre d'un projet pilote de l'IEAN mené à Cotonou (Bénin) et à Ouagadougou (Burkina Faso), diverses activités ont été mises en œuvre dans six écoles de chaque pays (81,82). Par exemple, une journée a été dédiée pour la nutrition dans les écoles ce qui a permis à toute la communauté de participer à cette journée et d'élargir les connaissances en matière de santé et de nutrition ; de plus, des ateliers de formation à l'éducation nutritionnelle ont été mis en place pour les enseignants. Aussi, des activités intégrées ou non dans le programme scolaire des écoles ont été développées, portant sur la nutrition, la santé et l'activité physique. Ainsi, les élèves seront sensibilisés davantage à ces trois aspects nécessaires à leur croissance physique et intellectuelle. Au niveau gouvernemental, une décision a été prise par le gouvernement du Burkina Faso de mettre en place des cantines scolaires dans toutes les écoles publiques urbaines de la capitale, sachant que dans ces écoles, les élèves achètent leur alimentation de vendeurs situés près de l'école en plein air, parfois dans des conditions non hygiéniques. Il n'est pas toujours optimal pour les élèves d'ingérer de cette nourriture étant donné qu'ils sont plus vulnérables à contracter des maladies infectieuses en la consommant. Toutefois, elle est parfois leur seule source de produits alimentaires durant les heures d'écoles. Enfin, afin d'offrir aux élèves des services de nutrition et de santé, les enseignants ont été formés pour la bonne pratique de prise du poids et de la taille, et pour la surveillance de l'IMC en utilisant les courbes de l'OMS pour chaque élève. Ceci va permettre de détecter de manière continue l'évolution de la croissance des enfants individuellement, et donc d'être au courant des cas de retard de croissance, de maigreur, de surpoids ou d'obésité parmi les élèves.

3. Population et échantillonnage

La puissance statistique et l'estimation de la taille d'échantillon optimale permettent de déterminer, avant le début d'une étude, quelle serait la taille nécessaire de l'échantillon. Elle contribue à établir dans quelle mesure les tests statistiques vont permettre de détecter un progrès (83), dans ce cas, dans la prévalence d'anémie. Au fait, cette dernière a été considérée pour les fins de calcul de puissance et de la taille de l'échantillon dans l'étude de base étant donné que c'est le problème nutritionnel le plus répandu chez les enfants d'âge scolaire. Ainsi, pour détecter un déclin dans la prévalence d'anémie après la mise en place de l'intervention, et

en se basant sur une prévalence estimée de 40% dans la population, 350 enfants ont été requis dans chacun des deux groupes d'écoles « intervention » et « témoin », avec une probabilité α (alpha) de 5%, et une puissance statistique $(1 - \beta)$ de 80% (8).

Dans notre étude, l'hypothèse nulle est qu'il n'y aura aucun progrès significatif entre les résultats de 2009 et ceux de 2014. L'erreur de type I est l'erreur commise lorsque dans l'étude, on rejette l'hypothèse nulle, alors qu'elle est effectivement vraie. La probabilité de cette erreur est appelée α (alpha). Puisque l'étude est conçue avec $\alpha = 5\%$, les résultats seront significatifs si la valeur de p est inférieure à α et donc à 0,05 (84). L'erreur de type II est l'erreur commise lorsque l'hypothèse nulle n'est pas rejetée alors qu'en fait elle est fautive. La probabilité de cette erreur est appelée β (bêta). D'où la puissance statistique, calculée par $(1 - \beta)$ qui signifie qu'à cette probabilité, il y aura un effet qui va être observé dans l'échantillon. Dans le cas de notre étude, β est fixé à 0,20, ce qui représente une puissance de 0,80, qui est la probabilité de trouver une association significative dans les résultats à 80% (84). Puisque deux proportions d'écoles vont être comparées et différenciées, il est nécessaire d'avoir 700 élèves : 350×2 . Un ajout de 10% a été pris en compte afin de permettre les refus et les données incomplètes, et en fin de compte, un total de 770 sujets devraient être sélectionnés dans l'échantillon.

L'étude de base a évalué le statut nutritionnel uniquement des élèves de classe de Cours Moyen 1 (CM1) ou 5^{ème} année primaire. Étant donné qu'en moyenne chaque classe comporte 60 élèves, 12 écoles au total ont été incluses dans l'étude de base. Les six écoles « intervention » ont été choisies par le Ministère de l'Éducation Primaire, et six écoles « témoin » ont été appariées, selon la taille de l'école, le type (privée/publique), et la localisation (urbaine/périurbaine) (8). La figure 5 (p.26) montre la répartition des 12 écoles incluses dans l'étude sur une carte simplifiée de Ouagadougou et ses périphéries : les étoiles représentent les écoles « intervention » et les cercles représentent les écoles « témoin ».

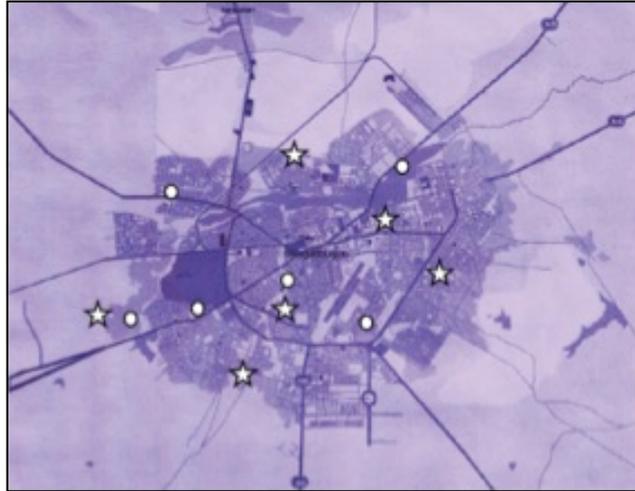


Figure 5: Carte de Ouagadougou, localisant les 12 écoles incluses dans l'étude.

(Source: Figure reproduite avec autorisation de 8).

Un total de 735 élèves a été sélectionné pour l'étude d'impact. 52 élèves ont ensuite été exclus, dont 20 sans date de naissance et 32 n'ayant pas des données complètes. Enfin, 32 enfants âgés de plus de 14 ans (168 mois), âge durant lequel la puberté touche en général les enfants et peut ainsi avoir un impact sur plusieurs des variables étudiées (85, 86), ont été exclus. Au total, le nombre des élèves participant à la collecte des données anthropométriques à l'étude d'impact était de 651 d'un effectif de 735 élèves (88,6%). Un sous-échantillon de 184 élèves a été choisi au hasard pour le prélèvement sanguin pour l'analyse de la vitamine A. Il est à noter que 239 élèves (36,7%) avaient uniquement l'année de naissance connue, et que des dates de naissance approximatives (30 Juin de l'année de naissance) leur ont été attribuées.

4. Les mesures anthropométriques et biologiques

Comme décrit précédemment dans l'étude de base, les procédures de mesure du poids et de la taille se sont faites conformément à celles décrites par l'OMS (8). La prise des mesures anthropométriques s'est faite par des techniciens en biologie médicale le premier jour de la collecte de données. Les mesures se faisaient en double et la moyenne était utilisée ultérieurement pour les analyses.

Le poids était mesuré avec une balance électrique à 0,1 kg près, et les enfants portaient uniquement des habits très légers et étaient sans chaussures. Après environ 200 mesures, la balance était calibrée avec un poids standard pour garder une bonne précision. Comme le montre la photo ci-dessous, la taille des enfants était mesurée à l'aide d'un stadiomètre en bois placé sur une surface plate. L'élève se tenait debout avec les pieds nus et rassemblés l'un à coté de l'autre. Les épaules, le fessier et les talons devaient toucher la toise de mesure verticale, et les yeux devaient suivre le plan horizontal de Frankfort. La taille était mesurée à 0,1 cm près (87).



Photo - Source : Charles DABONÉ, 2014.

(Reproduite avec autorisation de 87)

Aussi, ce même jour, un sous-échantillon d'élèves était tiré au sort pour l'analyse de la vitamine A, et une note a été remise aux parents pour les prévenir d'envoyer leurs enfants à jeun le lendemain pour la collecte de sang, puisque le prélèvement sanguin doit être fait après 12h de jeûne (88).

La pression artérielle a été mesurée chez les enfants avec un tensiomètre anéroïde en utilisant un brassard approprié aux enfants et adolescents selon la procédure décrite dans le rapport sur la pression artérielle publié par le National High Blood Pressure Education Program (NHBPEP) (89). Les enfants sont restés calmes pendant cinq minutes, puis, deux mesures de la Pression Artérielle Systolique (PAS) et la Pression Artérielle Diastolique (PAD) ont été réalisées, séparées chacune par dix minutes de repos. Si la différence entre deux

mesures dépassait 10 mmHg, une troisième mesure a été réalisée et la moyenne des deux valeurs les plus proches a été saisie dans les fichiers pour les analyses (87). Ensuite, les scores-Z des tensions artérielles et les percentiles de chaque PAS et PAD ont été calculés, et selon le NHBPEP, une pression artérielle est définie comme élevée lorsqu'elle est supérieure ou égale au 90^{ème} percentile (89).

Le second jour, les mêmes techniciens en biologie ont prélevé environ 5ml de sang veineux et les échantillons de sang prélevés ont été envoyés au Laboratoire à l'Université de Ouagadougou. En fait, le prélèvement doit être conservé à l'abri de la lumière, à 4°C et amené rapidement au laboratoire pour l'analyse (90). Un taux de rétinol sérique inférieur à 0,7 µmol/l indiquait une déficience en vitamine A (72). Aussi, le taux d'hémoglobine a été mesuré à l'aide de l'appareil HemoCue®. Les enquêtes menées sur le terrain utilisent le système HemoCue® car c'est une méthode quantitative, fiable et rapide. Elle a été évaluée par rapport à d'autres méthodes standard de laboratoire et s'est avérée précise et valide pour la mesure du taux d'hémoglobine (91). La collecte du sang se fait dans des cuvettes jetables, et la détermination de l'hémoglobine ne nécessite pas l'addition de produits ou de réactifs. Une goutte de sang était collectée à la pointe du doigt du milieu, en éliminant les deux premières gouttes. La troisième était alors remplie dans la micro cuvette qui était placée dans la cuvette de l'appareil. La valeur de l'Hb affichée sur l'écran était alors enregistrée (87). Les enfants anémiques ont été identifiés à l'aide des valeurs de références selon les catégories d'âge : si Hb < 11,5 g/dl pour les enfants âgés de 5 à 11 ans, et si Hb < 12 g/dl pour ceux âgés de 12 à 14 ans (76). Le petit déjeuner était servi après les prélèvements à tous les enfants. Deux agentes étaient aussi présentes pour saisir immédiatement toutes les données recueillies, soient le poids, la taille, le taux d'hémoglobine et faire la saisie en double sur des fichiers Excel.

Il est toutefois à noter que l'étude de base avait collecté des données sur les taux de lipides sanguins et de la glycémie et une évaluation d'une déficience en iode a été faite par la palpation de la glande thyroïde. Toutefois, ces données n'ont pas été incluses dans l'étude de 2014 étant donné que leurs analyses n'ont pas montré des résultats significatifs et alarmants à tenir en compte pour l'étude d'impact de l'initiative.

Dès le mois de Janvier 2015, au bureau de TRANSNUT à l'Université de Montréal (Québec, Canada), toutes les données saisies ont été analysées pour la comparaison des résultats avec ceux de l'étude de base. À l'aide du logiciel Anthroplus, et en se basant sur les valeurs de références de l'OMS pour les garçons et les filles âgés de 5 ans à 19 ans, des scores-Z de l'IMC pour l'âge ont été calculés pour évaluer la maigreur définie par un IMCAZ $< -2,0$, le surpoids par un IMCAZ $> +1,0$, et l'obésité par un IMCAZ $> +2,0$, et des scores-Z de la taille pour l'âge pour évaluer le retard de croissance défini par une TAZ $< -2,0$ (19).

5. Les références de croissance de l'OMS pour les enfants d'âge scolaire et les adolescents

L'auxologie réfère à l'étude de la croissance des êtres humains (92). Elle est basée sur des paramètres de mesure, comme le poids, la taille, et des paramètres calculés, comme l'indice de masse corporelle et le poids par rapport à la taille, permettant d'évaluer la croissance physique. La connaissance de l'évolution du développement corporel chez l'enfant au cours de ses premières années permet de le situer dans une croissance normale ou pathologique (93). Il est toutefois important de distinguer entre une croissance de « référence » et une croissance « normale ». La norme est définie par un modèle de croissance recommandé et associé à une bonne santé et à une prévention et une réduction à long terme des risques de développement de maladie, tandis qu'une référence décrit le modèle de croissance d'une population spécifique selon l'âge et le sexe par exemple (93). Ainsi, lorsque les paramètres auxologiques évoluent dans la même direction que les courbes de croissance de références, la croissance de l'enfant est dite normale, c'est-à-dire comprise entre +2 et -2 ET ou entre le 3^{ème} et le 97^{ème} percentile. Ces courbes ont été établies par rapport à l'âge et au sexe pour prendre en considération que 95% de la population ayant les mêmes caractéristiques se situe entre ces deux mesures, et qu'au-delà ou en deçà de ces références, la croissance tend vers un plus grand risque de pathologies (93).

Jusqu'en 2007, les courbes utilisées pour l'évaluation de la croissance des enfants âgés de plus de 5 ans et des adolescents étaient celles de NCHS (National Center for Health

Statistics)/OMS basées sur les mesures étudiées en 1977, en plus des percentiles d'IMC spécifiques à l'âge et au sexe, qui sont fondés sur les bases de données de l'enquête NHANES I (National Health And Nutrition Examination Survey I) de 1971 à 1974. De plus récentes références, comme les courbes du CDC 2000 ou les seuils du IOTF, étaient aussi utilisées pour le dépistage de l'obésité et du surpoids chez les enfants (94). Une revue de littérature faite par Mercedes de Onis en 2004 (95) avait comme objectif d'examiner les résultats d'articles publiés ayant évalué la croissance de l'enfance et les scores-Z en utilisant les courbes de croissance du NCHS de 1977 et du CDC de 2000. L'analyse a révélé que seulement 23% des pays utilisent des paramètres de mesures comme le poids et la taille afin de classer le statut corporel des enfants. La conclusion a porté sur le fait que les courbes de croissance basées sur des échantillons descriptifs et transversaux des populations ont tendance à sous-estimer l'obésité chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents.

L'élaboration d'une référence pour le dépistage, la surveillance et le suivi de la croissance des enfants d'âge scolaire (plus que 5 ans) et des adolescents (19 ans) a été provoquée par deux motifs primordiaux. Premièrement, la cause principale était l'augmentation dramatique des taux d'obésité infantile au niveau mondial. D'autre part, l'OMS avait développé en 2006 de nouvelles références de croissance internationales pour les enfants âgés de moins de 5 ans. Cette nécessité d'harmoniser les outils d'évaluation de la croissance est d'une très grande importance au niveau de la santé publique, mais la présence d'une grande hétérogénéité dans les méthodes et la qualité des données, la taille des échantillons, les catégories d'âge, les ethnies, la situation socio-économique des enfants ainsi que divers autres facteurs essentiels pour la construction des courbes de croissance créent une difficulté dans la réalisation de ce projet. Un bulletin de l'OMS publié par de Onis et al. (19) présente de manière détaillée les méthodes d'échantillonnage et de statistique utilisées pour la construction de la référence de croissance des enfants âgés de 5 à 19 ans, puis compare les nouvelles courbes à celles de 1977. En résumé, le développement de la nouvelle référence s'est fait à partir de l'échantillon original de 1977 (un échantillon d'enfants non obèses ayant la taille escomptée), en plus des données prises des normes de l'OMS pour la croissance de l'enfant, afin d'avoir une transition plus harmonieuse à l'âge de 5 ans. Les méthodes statistiques les plus avancées ont ensuite été utilisées comme la méthode Box-Cox-Power

Exponential (BCPE). Les différentes courbes de croissance selon le sexe pour les enfants âgés de 5 à 19 ans sont incluses dans l'Annexe 2.

Les graphiques du poids-pour-l'âge vont jusqu'à l'âge de 10 ans car cet indicateur ne distingue pas entre la taille relative et la masse corporelle dans une tranche d'âge où de nombreux enfants subissent la poussée de croissance pubertaire et peuvent par exemple paraître comme ayant un excès de poids, alors qu'en fait ils sont juste grands de taille (96). Ainsi, l'utilisation de l'IMC-pour-l'âge et de la taille-pour-l'âge ont permis d'évaluer la maigreur (IMC-pour-l'âge faible, ou -2 ET), le surpoids et l'obésité (IMC-pour-l'âge élevé ou +1ET et +2ET respectivement), et le retard de croissance (taille-pour-l'âge faible ou - 2 ET) chez les enfants d'âge scolaire et les adolescents âgés de 5 à 19 ans.

6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été faites à l'aide du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) version 21.0. Des statistiques descriptives ont tout d'abord été faites. Ensuite, la comparaison des moyennes a été faite par des tests de t pour échantillons indépendants. Enfin, les statistiques comparatives des différentes proportions ont été faites avec le test du Chi².

7. Considérations éthiques

Cette étude a été approuvée par le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) de l'Université de Montréal (Canada). Le certificat d'approbation éthique est inclus en Annexe 3.

8. Conflits d'intérêt

Au mois d'Avril 2015, un formulaire de déclaration de conflits d'intérêts a été rempli, et aucun conflit d'intérêt n'a été soulevé.

Résultats

Les résultats de ce mémoire vont être présentés sous forme d'un article scientifique, en préparation pour être soumis dans la revue « Nutrition Journal ».

Contribution de l'auteur

L'étudiante a contribué à la publication de ce manuscrit par :

- L'obtention des approbations et autorisations
- Le traitement et l'analyse des données
- La rédaction du manuscrit

Accord des co-auteurs

Déclaration des coauteurs

Le formulaire d'accord des co-auteurs se trouve en Annexe 4.

Impact of the Nutrition-Friendly School Initiative: A comparative analysis of anthropometric and laboratory data among school-aged children in Ouagadougou, a cross sectional study

ELKHOURI EDDE Christelle; TRANSNUT- Department of Nutrition, Faculty of Medicine, University of Montreal, 2405 Chemin de la Côte Ste Catherine, Montreal Qc, H3T 1A8, Canada.

DELISLE, Helene (PhD); Pavillon Liliane-Stewart 2405, Chemin Côte Ste-Catherine Local 2250-3 Montréal (Québec) H3T 1A8, Canada.

DABONE, Charles; TRANSNUT- Department of Nutrition, Faculty of Medicine, University of Montreal, 2405 Chemin de la Côte Ste Catherine, Montreal Qc, H3T 1A8, Canada.

KHACHAB, Zeina; TRANSNUT- Department of Nutrition, Faculty of Medicine, University of Montreal, 2405 Chemin de la Côte Ste Catherine, Montreal Qc, H3T 1A8, Canada.

BATAL, Malek (PhD)¹; Pavillon Liliane-Stewart 2405, Chemin Côte Ste-Catherine Local 2250-4 Montréal (Québec) H3T 1A8, Canada.

¹ Corresponding Author.

Abstract

Background: The Nutrition-Friendly School Initiative is an initiative developed by the World Health Organization in 2006 to counter the Double Burden of Malnutrition. In 2009, TRANSNUT, the WHO Collaborating Centre on Nutrition Change and Development, participated in a baseline study in Burkina Faso, which collected anthropometric and biological data from students aged 8 to 14 years prior to the implementation of the Initiative. The aim of this study is to analyze the new data collected in 2014 from the same schools and to compare the results with those from 2009 in order to assess the impact of the Initiative.

Methods: This is a cross-sectional study conducted in 12 schools in Ouagadougou the capital of Burkina Faso. Six "intervention" schools were selected and matched with 6 "control" schools. The total sample consisted of 651 schoolchildren (54.7% girls) aged 8-14 years old. Anthropometric and hemoglobin measurements were performed on all children, whereas serum retinol was measured in a random sub-sample of 184 children. Independent t-test and chi square tests were used for comparison of means and proportions.

Results: Mean age of the children was 11.4 ± 1.1 years. Rates of anemia and vitamin A deficiency were 35.6% and 26.1%, respectively. The prevalence of stunting was 6.3% and that of thinness, 7.2%. Fewer students were thin in 2014 (7.2%) compared to 2009 (13.7%), $p < 0.001$. Also, micronutrient deficiencies were less present in schools in 2014 in comparison with 2009 ($p = 0.007$ for anemia, $p = 0.044$ for VAD). There were fewer children in the "intervention" schools that were thin in 2014 (3.5%) compared to 2009 (12.5%) ($p < 0.001$), but more overweight than those in 2009 (3.5% and 1.0% respectively, $p = 0.031$).

Conclusion: Our results point to a significant improvement in the nutritional status of school children in Ouagadougou and suggest a positive role for the NFSI in terms of rates of thinness, but not for the prevalence of overweight.

Keywords: Anthropometry, malnutrition, overweight, micronutrient deficiency, nutritional status, school-aged children, Burkina Faso, Africa.

Background

Studies in Africa have long focused on infectious diseases that are prevalent in these countries such as malaria, human immunodeficiency virus and AIDS, tuberculosis, and others [1] [2] [3] [4]. Prevention programs against these diseases aim to the promotion of good hygiene, the reduction of infant mortality and the improvement of maternal health [5]. But for some years now, a new term coined the Double Burden of Malnutrition (DBM) has been trending in developing countries in Latin America and Asia but also in Africa, among the poorest countries. The DBM is the association of two distinct but related aspects of malnutrition. It is defined as the coexistence of an under-nutrition and/or thinness, with other nutritional deficiencies, and increasingly with overweight and/or obesity and cardiovascular diseases. This DBM has been explained by rapid onset and establishment in developing countries of the nutrition transition: it is the changeover from a "Traditional" diet to a "Western" diet. The latter is characterized by a higher consumption of fats, sugars, and processed products, at the expense of the consumption of fiber, vegetables, fruits and natural products. Furthermore, dietary transitions are closely related to the globalization process [6] where industrialization and urbanization in developing countries have accelerated the spread of the nutrition transition in both children and adults, due to a more sedentary lifestyle, and a decrease in physical activity. The DBM is present in the same country, within the same community, or even within the same individual [7] [8]. While 66 million school-aged children in developing countries attend their schools hungry, 23 million in Africa alone [9], it was also estimated that the prevalence of overweight and obesity in children has increased from 5% in 1990 to 7% in 2012 [10].

African countries are not immune to this DBM, where the economic transition in many middle and low-income countries is associated with this nutrition transition, but often at a different pace depending on the country [11]. A study was conducted in urban areas in Nigeria in 2012 with 1,599 students aged 5 to 18 years [12]. The results support the possibility of the existence of the DBM with a prevalence of 8.3% of thinness in addition to a rate of 15.6% of overweight/obesity among those aged 10 to 18 years.

The Nutrition-Friendly School Initiative (NFSI) is a program aimed at slowing the spread of the DBM among school-aged children. It was developed by the World Health

Organization (WHO) in 2006 following the meeting of health experts on childhood obesity that was held in Kobe, Japan in 2005 [13]. It is based on the "Baby-Friendly Hospital Initiative" (BFHI). The latter target maternity hospitals that will be designated "Baby-Friendly" when breastfeeding during pregnancy is successful in these hospitals and responds to specific measures [14]. Thus, as with the BFHI, 5 basic principles and conditions for the NFSI must be met for a school to be accredited "Nutrition-Friendly" [13]. Increasing the number "Nutrition-Friendly" certified schools will allow the local community, parents, and teachers to have close ties regarding health services to promote the nutritional well being of children. Furthermore, it will contribute to the development of a friendly environment for the promotion of the students' health and the improvement of their learning and academic performances, as well as their eating and lifestyle habits on the long term.

TRANSNUT, a team of researchers and professors from the University of Montreal (Canada) and a WHO Collaborating Centre for Nutrition, launched in 2009 a pilot project with the purpose of the implementation of the NFSI in West-African countries [15]. A baseline study was conducted in 2009 in Ouagadougou, capital of Burkina Faso [16]. The objective was to evaluate the nutritional status of 5th year students in urban and suburban schools in the capital in order to implement the NFSI in 6 "intervention" schools and to match them with 6 "control" schools for the evaluation of the initiative thereafter. Anthropometric measurements, such as weight, height and blood pressure, were taken among students aged 11.5 years (± 1.2 years). The evaluation of the prevalence of stunting, thinness, overweight and obesity were made using references of Z-scores established by WHO [17]. Also, vitamin A deficiency (VAD) was measured in a subsample of students chosen at random, in addition to anemia in all children [16] [18] [19] [20].

The main objective of the present article is to analyze the anthropometric and biological data collected in 2014, 5 years after the implementation of the NFSI, among school-aged children from the same schools where the 2009 baseline study was conducted, as part of the evaluation of the effectiveness of the Initiative. The analysis focused on a comparison of the prevalence of different nutritional variables among children across control and intervention schools and between 2009 and 2014.

Methods

Study setting

This cross-sectional study was conducted in February 2014 in Ouagadougou, capital of Burkina Faso, a low-income country in the West-African region. The country had a population of 17 million as of 2013 of which 72% was rural [21]. Six "intervention" schools were chosen in 2009 by the Ministry of Primary Education, and 6 "control" schools were matched according to school size, type (private/public), and location (urban/suburban) for the baseline study [18]. In 2014, the same schools were targeted for the follow-up study. Data was thus collected in the same schools but not with the same students.

Population and sampling

As explained elsewhere [16] and based on the prevalence of 40% anemia in this population of school-aged children, a total of 735 students were selected for the impact study, and 651 students were retained for the analysis after the exclusion of incomplete files. A subsample of 184 students was randomly selected for blood sampling for the analysis of vitamin A status.

Anthropometric and biological measures

As described elsewhere [16] [18], the measurement procedures of weight and height were made in accordance with those described by WHO [22]. Technicians from the School of Medical Biology took the anthropometric measurements on the first day of data collection. The measurements were done in duplicate and the mean value was used later for analysis. The weight was measured with an electric scale at 0.1 kg. The children were wearing only very light clothes and were barefoot. After 200 measurements, the scale was calibrated with a standard weight to maintain accuracy. The height of the children was measured using a wooden stadiometer placed on a flat surface. The student was standing with bare feet one next to the other. Shoulders, buttocks and heels were touching the measuring rod's vertical extent, and the eyes were following the horizontal plane of Frankfurt. Height was measured at 0.1 cm [23]. A drop of blood was collected at the tip of the middle finger, after eliminating the first two drops. The third was then filled in the micro cuvette, which was placed on the HemoCue® device. The value of hemoglobin on the screen was then recorded [23]. Anemic children were

identified according to the reference values by age categories: Hb < 11.5 g/dL for children aged 5 to 11 years, and Hb <12 g/dl for those aged 12 and 14 years [24]. Breakfast was served to all children after the samples collection. Two agents were also present to immediately enter all collected data in duplicate on Excel files. Also, that same day, a sub-sample of students was randomly selected for analysis of vitamin A and a note was sent to the parents in order to send their children on an empty stomach the next day for blood collection, since the blood sample must be done after a 12 hour fast [25]. On the second day, the same biological technicians collected about 5ml of venous blood samples that were sent to the Laboratory at the University of Ouagadougou. The sample was kept protected from light at 4 °C and rapidly brought to the laboratory for analysis [26]. Serum retinol concentrations less than 0.7 mol/L indicate a vitamin A deficiency [27]. Also, hemoglobin (Hb) was measured using the HemoCue® device.

Using the software Anthroplus (WHO, 2007), and based on the WHO reference values for boys and girls aged 5 to 19 years [17], the Z-scores for BMI-for-age (BMIAZ) were calculated to assess the thinness defined by a BMIAZ <- 2.0, overweight by BMIAZ > + 1.0, and obesity by BMIAZ > + 2.0, and Z-scores for height-for-age (HAZ) to assess stunting, defined by HAZ < -2.0.

Statistical analysis

Statistical analyses were performed using SPSS 21.0 software (Armonk, NY). Descriptive statistics were first performed, and then the comparison of means was done using t-tests for independent samples. Finally, comparative statistics of different proportions were conducted with Chi² test. All the statistical tests in this study were considered significant at $p < 0.05$.

Ethical considerations

The Ethics Committee on Health Research (CERES) of the University of Montreal (Canada) approved this study.

Results

Socio-demographic characteristics

Upon receiving the database, 735 students had anthropometric and laboratory measurements collected by the technicians in Ouagadougou and entered on Excel files for analysis. 32 students older than 168 months (14 years), 20 students with missing date of birth and 32 children with incomplete data were excluded from this study. A total sample of 651 subjects and 184 subjects in the sub-sample with complete data were selected for analysis.

The socio-demographic characteristics of the children are shown in Table 1. In total, the sample included more girls (54.7%) than boys. About 69% of students were in the age group of 8 to 12 years, which explains the average age of students of 11.4 ± 1.1 years. Of the 12 schools that participated in this study, there were 8 public and 4 private schools. Six of the eight public schools were located in urban areas, while the other two were in suburban areas and all private schools were located in an urban environment. In total, 82.6% students were in the urban schools and 17.4% belonged to suburban schools. Three hundred and thirteen (48.1%) children were part of the 6 "intervention" schools and 338 (51.9%) of the 6 "control" schools.

Table 2 provides the mean and standard deviation of various anthropometric and biological measures in relation to sex, and school characteristics. First, girls had an average weight, height and BMI (Body Mass Index), calculated by weight divided by height squared, higher than boys, and the differences were statistically significant ($p = 0.008$, $p = 0.025$ and $p = 0.028$ respectively). Regarding the concentration of serum retinol, it was on average significantly ($p = 0.004$) higher in private schools ($1.0 \mu\text{mol/l} \pm 0.2$) than in public schools ($0.8 \mu\text{mol/l} \pm 0.3$). On average, hemoglobin concentration was statistically higher in the urban than the suburban area ($p < 0.001$), with an average of 12.2 ± 1.4 g/dl and 11.6 ± 1.3 g/dl, respectively. Similarly, mean BMI was statistically higher in urban schools ($p = 0.022$). Finally, there were no significant differences when comparing the means of the anthropometric and biological measures between "intervention" and "control" schools.

Prevalence of malnutrition

The prevalence of different parameters of the nutritional status, which are the malnutrition and micronutrient deficiencies, in the total sample and in the subsample are shown in Figure 1. The rates of anemia and vitamin A deficiency were 35.6% and 26.1% respectively. The overall prevalence of stunting was 6.3%, and thinness affected 7.2% of students. Regarding malnutrition, boys were more stunted than girls ($p = 0.028$), while girls had higher rates of overweight than boys (2.8% and 0.9% respectively) ($p = 0.036$).

Table 3 shows the number of signs of malnutrition and deficiencies that are stunting, thinness, vitamin A deficiency and anemia in subjects. Although 349 students (53.61%) showed no signs of malnutrition, 46.39% of children had at least one sign of malnutrition, of which 37.02% had one sign, 8.76% had two signs, and 0.61% had more than three signs of which 1 student (0.15%) had stunting and thinness combined with vitamin A deficiency and anemia. Furthermore, a significant difference ($p < 0.001$) was observed between boys (6.00%) and girls (2.76%) when a combination of two signs was assessed. The association of anemia and VAD was the most widespread in general (9.8%), followed by anemia and stunting (3.4%). Moreover, only the combination of stunting and anemia showed a significant difference ($p = 0.008$) between boys and girls (2.5% and 0.9% respectively).

Table 4 presents the nutritional status among school-age children according to their affiliations within different characteristics of schools, i.e. type (public / private), location (urban / suburban) and category (intervention / control). It is important to recall that the "intervention" schools are the same schools from the 2009 baseline study (16) in which the implementation of the NFSI was made, while "control" schools are also the same schools from 2009 but have not officially received the designation of "Nutrition-Friendly School" and therefore did not implement the initiative. In public schools, students had a higher prevalence of micronutrient malnutrition compared to students attending private schools, and these differences were significant with $p = 0.044$ for anemia and $p = 0.001$ for the VAD. However, there were no significant differences in the prevalence of stunting, thinness, overweight and obesity between public and private schools. As for the location of schools, the prevalence of anemia was significantly higher in urban schools (26.3%) than in suburban ones (9.4%) with $p < 0.001$. In this sample, there were no significant differences between the "intervention" and the "control" schools when comparing the prevalence of obesity, overweight, stunting and

VAD. Nevertheless, 5.5% of schoolchildren were thin in "intervention" schools and 1.7% in "control" schools and this difference was statistically significant ($p < 0.001$). Finally, the difference in the proportion of anemia in the "control" (20.1%) and "intervention" schools (15.5%) was significant ($p = 0.05$).

Comparison of nutritional status between 2009 and 2014

Figure 2 provides a comparison of the nutritional parameters among schoolchildren in Ouagadougou during the years 2009 and 2014. There were statistically fewer students ($p < 0.001$) who were thin in 2014 (7.2%) compared to 2009 (13.7%). Also, micronutrient deficiencies were less present in schools in 2014 in comparison with 2009: anemia affected 26.1% of students in 2014 and 38.7% in 2009 ($p = 0.007$), and VAD was significantly more prevalent in 2009 (40.4%) than in 2014 (35.6%), ($p = 0.044$). Moreover, only the rate of overweight increased significantly between 2009 and 2014, rising from 1.7% to 3.7%, ($p = 0.020$).

The parameters of the nutritional statuses in "intervention" and "control" schools for the years 2009 and 2014 are shown in Table 5 and Table 6, respectively. There were significantly fewer children in the "intervention" school that were thin in 2014 (3.5%) compared to 2009 (12.5%), ($p < 0.001$). However, in the "intervention" schools of 2014, there were statistically more overweight students than in 2009 (3.5% and 1.0% respectively, $p = 0.031$). The prevalence of vitamin A deficiency and anemia decreased between 2009 (41.1% and 47.2 % respectively) and 2014 (24.0% and 38.8% respectively) in the "control" schools. These two differences were significant ($p = 0.009$ and $p = 0.015$, respectively). On the other hand, there were no significant differences regarding the prevalence of stunting, thinness, overweight and obesity.

Discussion

The main objective of this study was to analyze the anthropometric and blood profile data of school-aged children in Ouagadougou, Burkina Faso, as part of the evaluation of the NFSI that was implemented in 6 schools in 2009 [16].

Malnutrition among schoolchildren in Ouagadougou in 2014

The prevalence of micronutrient malnutrition in this study was 35.6% for anemia and 26.1% for vitamin A deficiency. These results are consistent with other studies in Nigeria [28], Ghana [29] and other African countries [30]. It was shown that deficiencies in iron and vitamin A are very frequent and common among school-aged children and that intervention programs, food diversification and fortification should be implemented [31] [32] [33] [34]. Indeed, nutritional deficiencies in micronutrients affect not only the health of children but also their mental development. For example, iron deficiency was associated with poor performance in infant development scales, poor IQ and learning among preschoolers, and poor school achievement in school-aged children [35].

Regarding global malnutrition, the total prevalence of stunting was 6.3%, and thinness affected 7.2% of students in our study. These results are far from being in agreement with the results found in a review of articles published from 2002 to 2009 on the nutritional status of children aged 6 to 12 where rates were found to be higher [36]. Nevertheless, our study was conducted in an urban environment, while it is possible that stunting and thinness are more common in rural regions. The authors of this review cited that the data collected, for the different studies in their meta-analysis, came from both urban and rural areas [36].

Also, in the 2014 impact study, boys showed more stunting and thinness than girls and the difference was significant ($p = 0.028$). Other studies also suggest that boys are thinner and have a more stunted growth than girls [37]. On the other hand, in our study, 2.8% of girls and 0.9% of boys were overweight ($p = 0.036$). It has been suggested that this increase in the prevalence of overweight is the result of intentional weight gain especially among girls, linked to socio-cultural beliefs and customs that value overweight as a sign of wealth, good health, social desirability and later in adulthood as a good sign of fertility [38]. As part of the impact study, a frequency questionnaire was fulfilled by the same students in our sample who had antropometric and biological data. The analysis of this questionnaire was done by another

student enrolled in a Masters' program in Nutrition. The results related to body image in this sample showed that 31.7% of girls and 23.4% of boys wanted to gain weight, and this difference was significant with $p = 0.046$ [data not shown]. Moreover, girls had higher levels of physical inactivity and lower levels of physical activity than boys [39] [40].

The nutrition transition: a risk factor for Non Communicable Diseases (NCD)

Overweight and obesity are not only related to sedentary lifestyles or cultural beliefs, as mentioned earlier. In fact, major changes have taken place in eating habits, physical activity and body composition of humankind, which create the different dietary patterns and nutritional transition that led to the development of chronic diseases and risk factors related to NCDs. In fact, the diet consumed in urban areas was found to be less preventative against chronic diseases, and therefore more favorable to cardiometabolic risks, such as increased concentrations of low-density lipoprotein (LDL) and triglycerides, hypertension, and a general and/or abdominal obesity [41] [42] [43]. This exposure to obesity and other chronic disease risk factors was linked to changes in eating habits and lifestyle under the influence of urbanization and economic growth [42]. For example, over a 4 year period, there have been changes of diet and lifestyle in Benin, a developing country bordering Burkina Faso, pointing toward a nutrition transition [41] [43].

The number of deficiencies and the DBM

As mentioned earlier, malnutrition is strongly present among school-aged children in Ouagadougou. About 37% of students had at least one sign of malnutrition, and about 9% at least 2. These results, although lower than those of 2009 [16], demonstrate the persistence of DBM in the school community, since in addition to undernutrition, 4.3% of students were overweight or obese. Moreover, the results support the existence of the DBM even at the individual level. In fact, 8 students (1.2%) were overweight and anemic simultaneously [analysis not shown]. Other studies also confirmed the presence of the DBM in West African countries in poor rural areas [7], and within the same households [8].

Comparison between urban and suburban schools

The differences in the proportions of stunting and anemia were significant ($p = 0.037$ and $p < 0.001$, respectively) when comparing the prevalence across school locations. However, there is an uneven distribution of students in these two areas, with 538 in 10 urban schools and 113 in only two suburban schools, which possibly created big but not significant differences regarding the other parameters.

Africa is in the process of a rapid urbanization [44], rising from 15% in the 1960s to 40% in 2010, with an estimation of 60% in 2050 [45]. However, Burkina Faso is among the countries that are still in the early stages of urbanization, but with a rapid increase in population, especially in Ouagadougou [45] [46]. This means that the population-growth is faster than economic growth, which leads to major socio-economic challenges and hence more poverty and social inequality [45]. According to a report by the World Bank on nutrition as a critical factor for development in Africa, the persistence of malnutrition in urban areas affects at least one third of children in developing countries [47], which may explain the results found in our study. This is also consistent with a study in Sub-Saharan Africa on malnutrition and urbanization, and confirms that although the prevalence of malnutrition in urban and rural areas was almost unchanged over time in some African countries, they both increased in Burkina Faso [48].

Analysis of the effectiveness of the Nutrition-Friendly School Initiative

a. Difference between baseline and impact studies

Between 2014 and 2009, there were fewer thin students (7.2% and 13.7%, respectively), and this result is significant with $p < 0.001$. This difference can be explained by the fact that in 2008, Burkina Faso was hit by an economic crisis that left the country into deeper poverty and food insecurity. The food price increase was correlated with a decrease in the consumption of fruits and vegetables, dairy products and meat and poultry [49]. Since the baseline study data were collected during the first months of the following year, the relatively higher rates of malnutrition (anthropometric indicators, anemia and VAD) could have been associated with the economic crisis.

Also, between the impact and the baseline study, there has been a significant decrease in the prevalence of micronutrient deficiencies: anemia declined from 38.7% in 2009 to 26.1% in 2014 ($p = 0.007$), and vitamin A deficiency from 40.4% to 35.6% ($p = 0.044$). Although

these decreases were observed between the 2 studies, the prevalence was still high and was considered a public health risk according to the WHO [21]. Some studies confirmed the importance of developing interventions and strategies in order to reduce the prevalence of deficiencies in vitamin A and iron [50] [51].

Moreover, only the rate of overweight significantly increased between 2009 and 2014, from 1.7% to 3.7%, respectively ($p = 0.020$). This is not surprising, and shows the rapid installation of the nutrition transition in Burkina Faso, in addition to the continuous poverty in this country, creating economic inequalities in the population and food insecurity resulting in an increase in overeating and overweight, both in children and in adults [16] [18] [19] [20].

b. Difference between "intervention" and "control" schools

By comparing "intervention" and "control" schools in 2009 to those in 2014, we notice a significant decrease in the prevalence of thinness in the "intervention" schools ($p < 0.001$) and in the prevalence of VAD and anemia in the "control" schools ($p = 0.009$ and $p = 0.015$, respectively). In both sets of schools, an increase in overweight was observed. In the "intervention" schools, students in 2014 were more overweight than their counterparts in 2009: there was a more than tripling of the rate from 3.5% to 1.0%, respectively. This significant difference ($p = 0.031$) is troubling even if the overall rate is still relatively small. It is possible that, changes in an "intervention" school could have affected a "control" school that was matched for location, type, size, socioeconomic status where some food and hygiene practices could have improved as a result of the initiative implemented in a nearby school [16]. Also, after the 2008 crisis in Burkina Faso [49], general improvements were made in the country and other interventions were implemented, and in 2007, the Ministry of Health presented a Strategic Plan for Nutrition for the years 2010-2015 [52].

Strengths and limitations of the impact study

This study is the first to assess the implementation of the NFSI over a 5-year period on the nutritional status of children. The sample size was large enough and meets the statistical estimates used in the baseline study [16]. However, this study also has some limitations. First, the cross-sectional nature of the study makes it impossible to generalize the results found neither to all students in Burkina Faso, nor to all children, because only about 52% of them in

this country attend primary school [53]. Also, the data for this study were collected in urban and suburban schools in the capital Ouagadougou, and it is therefore not possible to extrapolate the results to rural areas.

Conclusion

The double burden of malnutrition is a major public health concern, as much in children as in adults. It is now more appropriate to develop prevention plans targeting undernutrition and overnutrition jointly, not separately.

Our results found a significant improvement in the nutritional status of school children in Ouagadougou, and have proven the effectiveness of the NSFI after five years of implementation. However, it is currently not possible to assess to what degree the NSFI was responsible for these changes, nor to attribute these improvements to this initiative only, as several other interventions are undertaken and, as was mentioned in the Strategic Plan for Nutrition (2010-2015) by the Ministry of Health in Burkina Faso, the Government of Burkina Faso adopted a national nutrition policy in 2007, which is a framework to organize, strengthen, unite synergies of actions and boost interventions in favor of nutrition in the health sector [52].

It would be important for future research to undertake longitudinal and cohort studies that will follow both schoolchildren and schools having obtained the "Nutrition-Friendly" certification to better understand the causal relationship, if any, between the intervention and the nutritional status of children.

Finally, preventing and slowing the development of the double burden of malnutrition and chronic diseases in children must remain a priority for public health and nutrition experts in order to create healthy lifestyles among future adults.

List of abbreviations

AIDS: Acquired Immune Deficiency Syndrome

DBM: Double Burden of Malnutrition

NFSI: Nutrition-Friendly School Initiative

WHO: World Health Organization

BFHI: Baby-Friendly Hospital Initiative

VAD: Vitamin A Deficiency

Hb: Hemoglobin

BMIAZ: BMI-for-Age Z-score

HAZ: Height-for-Age Z-score

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

BMI: Body Mass Index

NCD: Non-Communicable Diseases

Competing interests

In the month of April 2015, a declaration of conflict of interest has been completed, and no conflict of interest was raised.

Authors' contributions

HD designed the study. CD collected the field data. CE analyzed and compared the anthropometric and biological data under the supervision of MB, and ZK analyzed the frequency questionnaire's data. As part of that impact study, a frequency questionnaire was completed by the same students with anthropometric and biological data. The questionnaire also included questions about body image, socio-economic status of parents, physical activity, etc. CE drafted and wrote the paper, all coauthors reviewed and commented on the draft.

References

1. Sangaré L, Diandé S, Badoum G, Dingtounda B, Traoré AS. Anti-tuberculosis drug resistance in new and previously treated pulmonary tuberculosis cases in Burkina Faso. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2010;14(11):1424 - 9.
2. Saleri N, Badoum G, Ouedraogo M, Dembele SM, Nacanabo R, Bonkougou V et al. Extensively drug-resistant tuberculosis, Burkina Faso. *Emerg Infect Dis.* 2010;16(5):840-2.
3. Jaquet A, Garanet F, Balestre E, Ekouevi DK, Azani JC, Bognounou R et al. Antiretroviral treatment and quality of life in Africans living with HIV: 12-month follow-up in Burkina Faso. *J Int AIDS Soc.* 2013;16:1-10.
4. Makhoulf Obermeyer C, Bott S, Bayer R, Desclaux A, Baggaley R, and the MATCH Study Group. HIV testing and care in Burkina Faso, Kenya, Malawi and Uganda: ethics on the ground. *BMC Int Health Hum Rights.* 2013;13(6):14.
5. Organisation des Nations Unies Objectifs du Millénaire pour le développement : Rapport de 2013. New York: Juin 2013. 61 p.
6. Hawkes C. Uneven dietary development: linking the policies and processes of globalization with the nutrition transition, obesity and diet-related chronic diseases. *Global Health.* 2006;2:4.
7. Delisle H, Agueh V, Fayomi B. Partnership research on nutrition transition and chronic diseases in West Africa - trends, outcomes and impacts. *BMC Int Health Hum Rights.* 2011;11 Suppl 2:S10.
8. Ntandou-Bouzitou G, Fayomi B, Delisle H. Malnutrition infantile et surpoids maternel dans des ménages urbains pauvres au Bénin. *Cahiers Santé.* 2005;15(4):263-270.
9. World Food Programme. Two minutes to learn about: School Meals. May 2012.
10. World Health Organization World Health Statistics 2014; 2014.
11. Organisation Mondiale de la Santé. Statistiques Sanitaires Mondiales 2006; 2006.
12. Ene-Obong H, Ibeanu V, Onuoha N, Ejekwu A. Prevalence of overweight, obesity, and thinness among urban school-aged children and adolescents in southern Nigeria. *Food Nutr Bull.* 2012;33(4):242-250.
13. World Health Organization. Nutrition-Friendly Schools Initiative (NFSI) : A school-based programme to address the double burden of malnutrition. Department of Nutrition for Health and Development.

14. UNICEF: The Baby-Friendly Hospital Initiative.
<http://www.unicef.org/programme/breastfeeding/baby.htm>.
15. Delisle HF, Receveur O, Agueh V, Nishida C. Pilot project of the Nutrition-Friendly School Initiative (NFSI) in Ouagadougou, Burkina Faso and Cotonou, Benin, in West Africa. *Glob Health Promot.* 2013;20(1):39-49.
16. Dabone C, Delisle HF, Receveur O. Poor nutritional status of schoolchildren in urban and peri-urban areas of Ouagadougou (Burkina Faso). *Nutr J.* 2011;10:34.
17. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85(09):660-7.
18. Dabone C. Le double fardeau de la malnutrition à l'âge scolaire en milieu urbain : Une étude au Burkina Faso (Doctoral dissertation). Montréal (QC), Canada: Université de Montréal; 2011, 372 p.
19. Dabone C, Delisle H, Receveur O. Cardiometabolic Risk Factors and Associated Features in 5th Grade Schoolchildren in Ouagadougou, Burkina Faso (West Africa). *Int J Child Health Nutr.* 2012;1(2):104-112.
20. Dabone C, Delisle H, Receveur O. Predisposing, facilitating and reinforcing factors of healthy and unhealthy food consumption in schoolchildren: a study in Ouagadougou, Burkina Faso. *Glob Health Promot.* 2013;20(1):68-77.
21. World Health Organization. Burkina Faso : WHO Statistical Profile; jan 2015.
22. Organisation Mondiale de la Santé. Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Série de Rapports techniques 854. 1995.
23. Dabone C. Rapport sur la mission d'étude d'impact de l'Initiative Écoles Amies de la Nutrition réalisée en milieu scolaire de Ouagadougou (Burkina Faso). Février 2014: Juin 2014.
24. Organisation Mondiale de la Santé. Concentrations en hémoglobine permettant de diagnostiquer l'anémie et d'en évaluer la sévérité. Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS). Genève,2011.
25. Bonnefont-Rousselot D, Bonnel S, Borel P, Bouglé D, Cais MS, Carbonneau MA et al. Les Vitamines. Cahier de Formation - Biologie Médicale. Paris: Bioforma; 2007. p. 361.

26. ADMED Laboratoires. Dosage : Vitamine A (rétinol) et vitamine E (tocophérol) n.65 ; jan 2013.
27. Organisation Mondiale de la Santé. Concentrations sériques en rétinol pour déterminer la prévalence de la carence en vitamine A dans les populations. Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS); Genève, 2011.
28. Atimati A, Abiodun P, Ofovwe G. High prevalence of vitamin A deficiency in school age children in Benin. *Annals of Biomedical Science*. 2012;11(1):108-117.
29. The Partnership for Child Development. The health and nutritional status of schoolchildren in Africa : evidence from school-based health programmes in Ghana and Tanzania. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 1998;92:254-261.
30. Hall A, Bobrow E, Brooker S, Jukes M, Nokes K, Lambo J et al. Anaemia in schoolchildren in eight countries in Africa and Asia. *Public Health Nutr*. 2001;4(3):749-56.
31. Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. Partie I : Le rôle de l'enrichissement des aliments dans la lutte contre la malnutrition par carence en micronutriments. In : Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments. 2011. p. 1-42.
32. Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. Partie IV : Mise en œuvre de programmes efficaces et durables d'enrichissement des aliments. In: Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments. 2011. p. 153 - 291.
33. FAO. Chap.8: La malnutrition et les carences en micronutriments. In: Département de l'agriculture. Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique: un ouvrage de référence à l'usage des professeurs d'agriculture .
<http://www.fao.org/docrep/008/w0078f/w0078f0h.htm#bm17>
34. World Food Programme. Micronutrient Fortification : WFP Experiences and Ways Forward. Policy Issues - Agenda item 5. Rome; 6 April 2004.
35. Pollitt E. Iron deficiency and cognitive function. *Annu Rev Nutr*. 1993;13:521-537.
36. Best C, Neufingerl N, van Geel L, van den Briel T, Osendarp S. The nutritional status of school-aged children: Why should we care? *Food Nutr Bull*. 2012;31(3):400-417.
37. Lwambo N, Brooker S, Siza J, Bundy D, Guyatt H. Age patterns in stunting and anaemia in African schoolchildren: a cross-sectional study in Tanzania. *Eur J Clin Nutr*. 2000;54(1):36-40.

38. Correia J, Pataky Z, Golay A. Comprendre l'obésité en Afrique : poids du développement et des représentations. *Rev Med Suisse*. 2014;10:712-716.
39. Verloigne M, Van Lippevelde W, Maes L, Yildirim M, Chinapaw M, Manios Y et al. Levels of physical activity and sedentary time among 10- to 12-year-old boys and girls across 5 European countries using accelerometers: an observational study within the ENERGY-project. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2012;9:34.
40. Taverno Ross SE, Byun W, Dowda M, McIver KL, Saunders RP, Pate RR. Sedentary behaviors in fifth-grade boys and girls: where, with whom, and why? *Child Obes*. 2013;9(6):532-9.
41. Delisle H, Ntandou-Bouzitou G, Agueh V, Sodjinou R, Fayomi B. Urbanisation, nutrition transition and cardiometabolic risk: the Benin study. *Br J Nutr*. 2012;107(10):1534-44.
42. Ntandou G, Delisle H, Agueh V, Fayomi B. Abdominal obesity explains the positive rural-urban gradient in the prevalence of the metabolic syndrome in Benin, West Africa. *Nutr Res*. 2009;29(3):180-9.
43. Sossa C, Delisle H, Agueh V, Makoutode M, Fayomi B. Four-Year Trends in Cardiometabolic Risk Factors according to Baseline Abdominal Obesity Status in West-African Adults: The Benin Study. *J Obes*. 2012.
44. Crush J, Frayne B, McLachlan M. Rapid Urbanization and the Nutrition Transition in Southern African. *Urban Food Security Series No.7*. Queen's University and AFSUN: Kingston and Capetown; 2011. 49 p.
45. UN Habitat. *Governance, Inequality and Urban Land Markets. The State of African Cities 2010*. Nairobi: 2010.
46. Freire ME, Lall S, Leipziger D. *Africa's Urbanization : Challenges and Opportunities. Working Paper No.7*. Washington: The Growth Dialogue; 2014.
47. World Bank. *Repositioning nutrition as central to development : a strategy for large-scale action. Directions in Development*. Washington: 2006.
48. Fotso JC. Urban-rural differentials in child malnutrition: trends and socioeconomic correlates in sub-Saharan Africa. *Health Place*. 2007;13(1):205-23.
49. Afrique Verte International. *Fiche documentaire : 2008, crise alimentaire ou effondrement du pouvoir d'achat? ; Juin 2008*.

50. Aaron GJ, Dror DK, Yang Z. Multiple-Micronutrient Fortified Non-Dairy Beverage Interventions Reduce the Risk of Anemia and Iron Deficiency in School-Aged Children in Low-Middle Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2015;7(5):3847-68.
51. Zagré NIM, Delisle H, Delpuech F. L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A. 2ème Atelier international : Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles; 23-28 Novembre 2003; Ouagadougou. 2003. p. 337 - 48.
52. Burkina Faso, Ministère de la santé. Plan Stratégique Nutrition 2010-2015. 58 p.
53. UNICEF. Statistical Tables. The State of the World's Children 2015: Reimagine the Future - Innovation for Every Child. New York; 2014. p. 27-118.

TABLES AND FIGURES

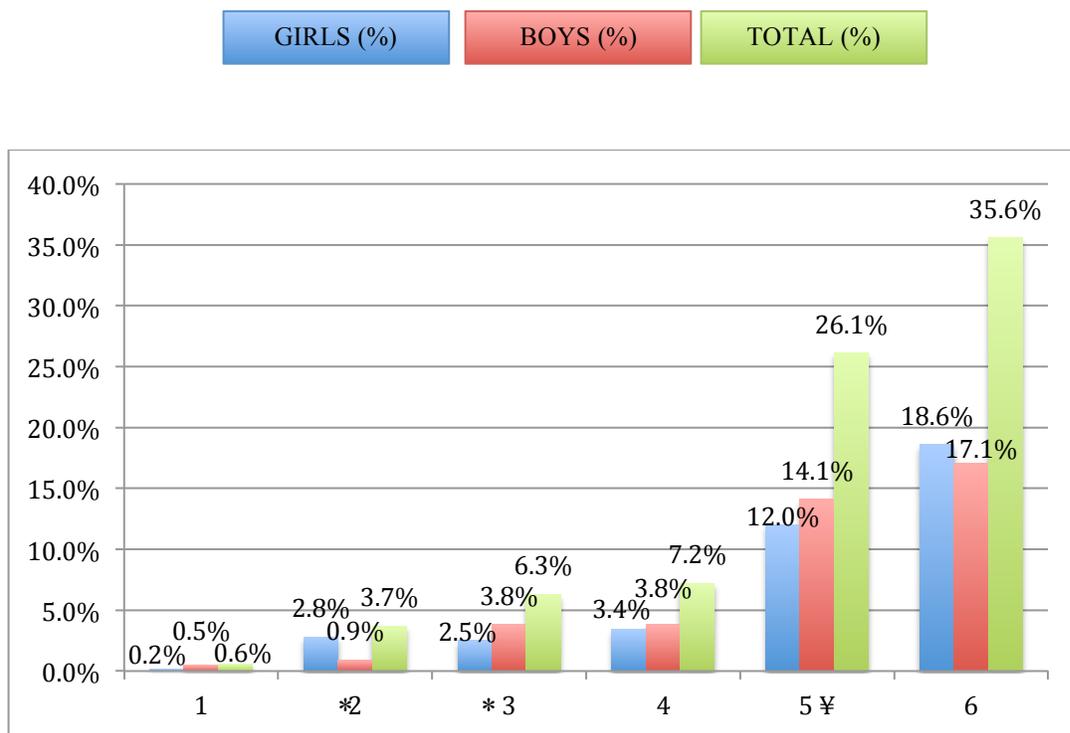


Figure 1: Prevalence of nutritional status parameters among school children in Ouagadougou, Burkina Faso in 2014. (N = 651) †: N = 184.

1: Obesity – 2: Overweight – 3: Stunting – 4: Thinness – 5: VAD† – 6: Anemia
p values for the Chi² test (not shown): * *p* ≤ 0.05;

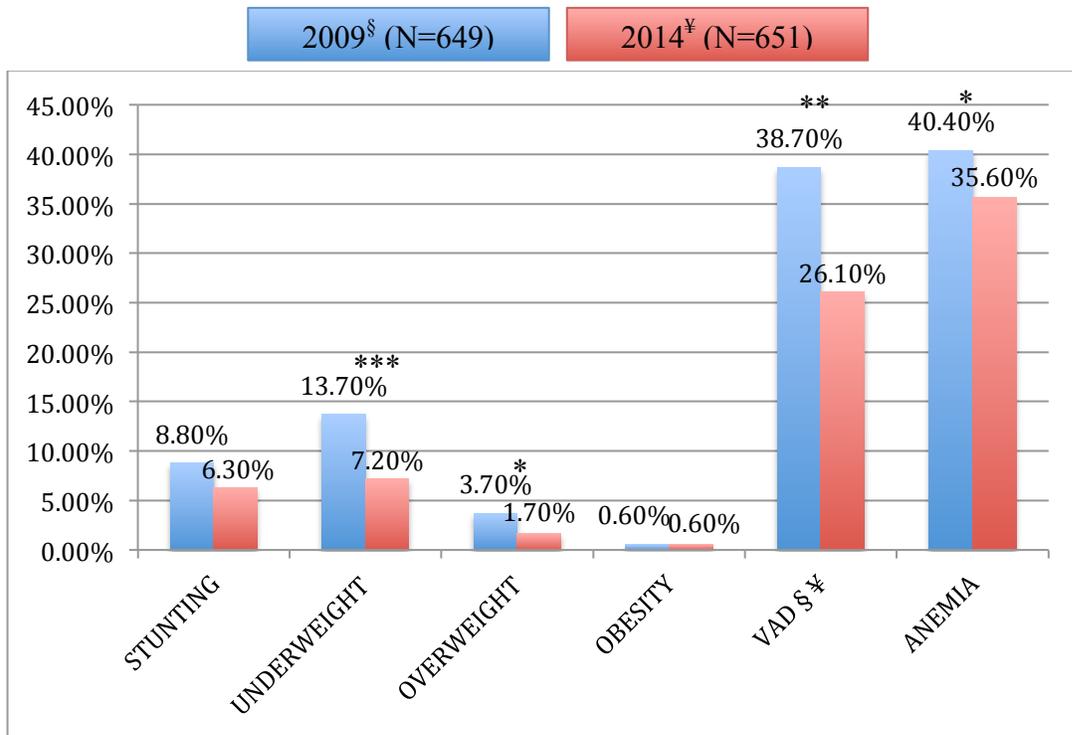


Figure 2: Comparison of Total prevalence of the different parameters of the nutritional status in school age children in Ouagadougou in 2009 and 2014.

p values for the χ^2 test (not shown): * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

Table 1: Sociodemographic characteristics of students in the 2014 study

	TOTAL SAMPLE (N = 651)			SUB-SAMPLE (N = 184)		
	Boys	Girls	Total	Boys	Girls	Total
TYPE OF SCHOOL						
PUBLIC	211 (44.4%)	264 (55.6%)	475 (73.0%)	69 (53.5%)	60 (46.5%)	129 (70.1%)
PRIVATE	84 (47.7%)	92 (52.3%)	176 (27.0%)	25 (45.5%)	30 (54.5%)	55 (29.9%)
LOCATION OF SCHOOL						
URBAN AREA	243 (45.2%)	295 (54.8%)	538 (82.6%)	76 (51.4%)	72 (48.6%)	148 (80.4%)
SUBURBAN	52 (46.0%)	61 (54.0%)	113 (17.4%)	18 (50.0%)	18 (50.0%)	36 (19.6%)
CATEGORY OF SCHOOL						
INTERVENTION	148 (47.3%)	165 (52.7%)	313 (48.1%)	47 (53.4%)	41 (46.6%)	88 (47.8%)
CONTROL	147 (43.5%)	191 (56.5%)	338 (51.9%)	47 (49.0%)	49 (51.0%)	96 (52.2%)
AGE CATEGORY						
8 TO 12 YEARS	184 (40.8%)	267 (59.2%)	451 (69.3%)	59 (45.4%)	71 (54.6%)	130 (70.7%)
13 TO 14 YEARS	111 (55.5%)	89 (44.5%)	200 (30.7%)	35 (64.8%)	19 (35.2%)	54 (29.3%)
TOTAL	295 (45.3%)	356 (54.7%)	651 (100%)	94 (51.1%)	90 (48.9%)	184 (100%)

Table 2: Means \pm standard deviation of different anthropometric measurements according to sex, type, location and category of schools in 2014.

	WEIGHT (kg)	HEIGHT (cm)	BMI (kg/m²)	Hb (g/dl)	RETINOL (μmol/l)
SEX					
Girls	34.3 \pm 8.4	143.7 \pm 8.4	16.4 \pm 2.2	12.1 \pm 1.3	0.9 \pm 0.3
Boys	32.9 \pm 6.3	142.3 \pm 8.0	16.1 \pm 1.6	12.0 \pm 1.4	0.9 \pm 0.3
<i>p</i>⁺	0.008	0.025	0.028	0.619	0.087
TYPE OF SCHOOL					
Public	33.8 \pm 7.0	143.3 \pm 8.1	16.3 \pm 1.9	12.0 \pm 1.4	0.8 \pm 0.3
Private	33.1 \pm 7.1	142.3 \pm 8.6	16.2 \pm 2.0	12.2 \pm 1.2	1.0 \pm 0.2
<i>p</i>⁺	0.261	0.161	0.553	0.185	0.004
LOCATION OF SCHOOL					
Urban	33.8 \pm 7.1	143.1 \pm 8.2	16.4 \pm 2.0	12.2 \pm 1.4	0.9 \pm 0.3
Suburban	32.9 \pm 6.5	142.8 \pm 8.3	16.0 \pm 1.5	11.6 \pm 1.3	0.9 \pm 0.3
<i>p</i>⁺	0.194	0.670	0.022	< 0.001	0.412
SCHOOL CATEGORY					
Intervention	33.4 \pm 6.7	142.7 \pm 8.3	16.2 \pm 1.8	12.1 \pm 1.3	0.9 \pm 0.3
Control	33.9 \pm 7.2	143.4 \pm 8.2	16.3 \pm 2.0	12.1 \pm 1.5	0.9 \pm 0.3
<i>p</i>⁺	0.298	0.241	0.556	0.966	0.138
TOTAL	33.7 \pm 7.0	143.1 \pm 8.3	16.3 \pm 1.9	12.1 \pm 1.4	0.9 \pm 0.3

p⁺ : *p* value of the *t* test for independent samples.

Bold values are statistically significant.

Table 3 : Number of signs of malnutrition and deficiencies among school children in Ouagadougou in 2014.

NUMBER OF SIGNS (N=651)	PERCENTAGE (CASES)			p^{++}
	BOYS	GIRLS	TOTAL	
ZERO (0)	23.04% (150)	30.57% (199)	53.61% (349)	<i>0.114</i>
ONE (1)	16.13% (105)	20.89% (136)	37.02% (241)	<i>0.273</i>
TWO (2)	6.00% (39)	2.76% (18)	8.76% (57)	<0.001
STUNTING + THINNESS	0.9% (6)	0.5% (3)	1.4% (9)	<i>0.169</i>
STUNTING + ANEMIA	2.5% (16)	0.9% (6)	3.4% (22)	0.008
THINNESS + ANEMIA	1.2% (8)	1.2% (8)	2.5% (16)	<i>0.447</i>
STUNTING + VAD [‡]	1.1% (2)	0.5% (1)	1.6% (3)	<i>0.516</i>
THINNESS + VAD [‡]	1.6% (3)	0.5% (1)	2.2% (4)	<i>0.327</i>
ANEMIA + VAD [‡]	5.4% (10)	4.3% (8)	9,8% (18)	<i>0.441</i>
THREE (3)	-	0.46% (3)	0.46% (3)	<i>0.163</i>
STUNTING + THINNESS + ANEMIA	0.2% (1)	0.3% (2)	0.5% (3)	<i>0.570</i>
STUNTING + VAD [‡] + ANEMIA	0.5% (1)	-	0.5% (1)	<i>0.511</i>
THINNESS + VAD [‡] + ANEMIA	0.5% (1)	0.5% (1)	1.1% (2)	<i>0.740</i>
STUNTING + THINNESS + VAD [‡]	0.5% (1)	-	0.5% (1)	<i>0.511</i>
FOUR (4)	-	0.15% (1)	0.15% (1)	<i>0.511</i>

p^{++} : p -value for the χ^2 test; Bold values are statistically significant.

VAD: Vitamin A Deficiency;

‡: For multi-deficiencies including Vitamin A deficiency, $N = 184$.

Table 4: Nutritional status of school-age children in Ouagadougou according to the characteristics of the 2014 schools.

NUTRITIONAL STATUS (%)							
	N	Obesity	Overweight	Thinness	Stunting	Anemia	VAD [‡]
SCHOOL TYPE							
Public	475	0.5%	2.6%	4.9%	4.9%	27.5%	22.8%
Private	176	0.2%	1.1%	2.3%	1.4%	8.1%	3.3%
p^{++}		<i>0.704</i>	<i>0.484</i>	<i>0.266</i>	<i>0.288</i>	0.044	0.001
SCHOOL LOCATION							
Urban	538	0.6%	3.5%	6.1%	4.5%	26.3%	19.6%
Suburban	113	-	0.2%	1.1%	1.8%	9.4%	6.5%
p^{++}		<i>0.466</i>	<i>0.059</i>	<i>0.410</i>	0.037	<0.001	<i>0.185</i>
SCHOOL CATEGORY							
Intervention	313	0.3%	1.7%	5.5%	2.9%	15.5%	13.6%
Control	338	0.3%	2.0%	1.7%	3.4%	20.1%	12.5%
p^{++}		<i>0.659</i>	<i>0.495</i>	< 0.001	<i>0.473</i>	0.05	<i>0.302</i>
TOTAL	651	0.6%	3.7%	7.2%	6.3%	35.6%	26.1%

$N = 651$; $‡: N = 184$; p^{++} : p -value for the χ^2 test
Bold values are statistically significant.

Table 5: Prevalence of nutritional status parameters in "intervention" schools in 2009 and 2014.

	2009 (N=304)	2014 (N=313)	p^{++}
STUNTING	8.6%	6.1%	<i>0.151</i>
THINNESS	12.5%	3.5%	< 0.001
OVERWEIGHT	1.0%	3.5%	0.031
OBESITY	0.7%	0.6%	<i>0.677</i>
VAD [§]	36.1%	28.4%	<i>0.179</i>
ANEMIA	32.6%	32.3%	<i>0.503</i>

[§] Vitamin A subsample : in 2009, n = 83 and in 2014, n = 88.

p^{++} : p value for the Chi² test

Bold values are statistically significant.

Table 6: Prevalence of nutritional status parameters in "control" schools in 2009 and 2014.

	2009 (N=345)	2014 (N=338)	p^{++}
STUNTING	9.0%	6.5%	<i>0.143</i>
THINNESS	14.8%	10.7%	<i>0.066</i>
OVERWEIGHT	2.3%	3.8%	<i>0.175</i>
OBESITY	0.6%	0.6%	<i>0.680</i>
VAD §	41.1%	24.0%	0.009
ANEMIA	47.2%	38.8%	0.015

§ Vitamin A subsample : in 2009, n = 90 and in 2014, n = 96.

p^{++} : *p* value for the χ^2 test

Bold values are statistically significant.

Résultats complémentaires

L'analyse de la pression artérielle a été menée chez un total de 685 élèves âgés de 8 à 16 ans. Les élèves ayant des dates de naissances inconnues, et ceux ayant des données manquantes concernant les mesures de la pression artérielle ont été exclus.

Le tableau I (p.62) présente les moyennes (\pm ET) des Pressions Artérielles Systoliques et Diastoliques chez les enfants de Ouagadougou en 2014. En comparant selon le sexe, on observe qu'en moyenne, les filles présentent des pressions artérielles systoliques et diastoliques significativement plus élevées que les garçons ($p= 0.001$ et $p=0.006$ respectivement). Aussi, les élèves âgés de 13 à 16 ans avaient une pression artérielle en moyenne plus élevée que leurs camarades moins âgés (101.27 ± 9.8 et 98.29 ± 8.8 , respectivement) et cette différence était significative avec $p < 0.001$. Enfin, les différences entre les moyennes des deux pressions étaient significatives lorsqu'une comparaison entre les catégories d'école est faite : les élèves des écoles « intervention » avaient en moyenne des PAS et PAD plus élevées que les étudiants des écoles « témoin ».

Tableau I: Moyenne (\pm ET) des Pressions Artérielles Systoliques (PAS) et Pressions Artérielles Diastoliques (PAD) chez les enfants de Ouagadougou en 2014. (N=685)

	N	PAS (mmHg)	PAD (mmHg)
SEXE			
Fille	375	100.34 \pm 9.7	67.00 \pm 6.8
Garçons	310	98.02 \pm 8.6	65.6 \pm 6.3
p^+		0.001	0.006
CATÉGORIE D'ÂGE			
8 à 12 ans	455	98.29 \pm 8.8	66.61 \pm 6.6
13 à 16 ans	230	101.27 \pm 9.8	65.84 \pm 6.4
p^+		< 0.001	0.149
TYPE D'ÉCOLE			
Publique	491	99.36 \pm 9.4	65.99 \pm 6.6
Privée	194	99.10 \pm 8.9	67.29 \pm 6.5
p^+		0.738	0.019
LOCALISATION D'ÉCOLE			
Urbaine	567	99.13 \pm 9.3	66.29 \pm 6.6
Périurbaine	118	100.06 \pm 8.9	66.67 \pm 6.6
p^+		0.324	0.565
CATÉGORIE D'ÉCOLE			
Intervention	332	100.37 \pm 9.3	67.33 \pm 6.5
Témoin	353	98.28 \pm 9.2	65.43 \pm 6.5
p^+		0.003	< 0.001
TOTAL PAR MOYENNE			
		99.29 \pm 9.3	66.36 \pm 6.6

p^+ : valeur de p pour le test de t pour échantillons indépendants.
les valeurs en gras sont significatives.

Le tableau II (p.63) montre qu'au total, 64 (9.3%) et 25 (3.6%) élèves avaient respectivement une PAS élevée et une PAD élevée. Les filles avaient une PAS plus élevée que les garçons avec une proportion de 6.4% et 2.9% respectivement, et cette différence était significative avec $p = 0.012$. De plus, les élèves appartenant à la catégorie d'âge de 13 à 16 ans avaient significativement une PAS plus élevée que ceux âgés de 8 à 12 ans ($p = 0.001$), avec 4.8% et 4.5%, respectivement. Toutefois il n'y avait pas de différences entre les écoles publiques et privées, urbaines et périurbaines et entre les écoles « intervention » et « témoin ».

Tableau II: Prévalences des Pressions Artérielles Systoliques élevées et Diastoliques élevées chez les enfants de Ouagadougou en 2014. (N=685)

	PAS Élevée (%)	PAD Élevée (%)
SEXE		
Fille	44 (6.4%)	18 (2.6%)
Garçons	20 (2.9%)	7 (1.0%)
p^{++}	0.012	0.057
CATÉGORIE D'ÂGE		
8 à 12 ans	31 (4.5%)	16 (2.3%)
13 à 16 ans	33 (4.8%)	9 (1.3%)
p^{++}	0.001	0.473
TYPE D'ÉCOLE		
Publique	49 (7.2%)	17 (2.5%)
Privée	15 (2.2%)	8 (1.2%)
p^{++}	0.224	0.413
LOCALISATION D'ÉCOLE		
Urbaine	53 (7.7%)	18 (2.6%)
Périurbaine	11 (1.6%)	7 (1.0%)
p^{++}	0.577	0.121
CATÉGORIE D'ÉCOLE		
Intervention	36 (5.3%)	14 (2.0%)
Témoin	28 (4.1%)	11 (1.6%)
p^{++}	0.120	0.286
TOTAL DES PRÉVALENCES	64 (9.3%)	25 (3.6%)

p^{++} : valeur de p pour le test χ^2
 les valeurs en gras sont significatives.

Le tableau III (p.64) montre le nombre de cas de pression artérielle élevée chez les enfants de Ouagadougou en 2014, sachant qu'un élève pouvait présenter soit aucune pression élevée, soit au moins une pression élevée, soit les deux pressions, systoliques et diastoliques élevées. Une différence significative a été observée en comparant le sexe par rapport au fait d'avoir au moins une pression élevée ($p=0.018$). En fait les filles ont plus tendance que les garçons à avoir au moins une des deux pressions élevées (6.4% et 3.1% respectivement). À cause de la répartition inégale des enfants dans les deux catégories d'âge, les élèves âgés de 8

à 12 ans avaient significativement au moins une pression artérielle plus souvent que leurs homologues plus âgés (4.8% et 4.7% respectivement, et $p = 0.004$)

Tableau III: Nombres de cas de pressions artérielles élevées chez les enfants de Ouagadougou en 2014.

	Aucune	Au moins une pression élevée	Deux pressions élevées
SEXE			
Fille	322 (47.0%)	44 (6.4%)	9 (1.3%)
Garçons	286 (41.8%)	21 (3.1%)	3 (0.4%)
p^{++}	0.005	0.018	0.128
CATÉGORIE D'ÂGE			
8 à 12 ans	413 (60.6%)	33 (4.8%)	7 (1.0%)
13 à 16 ans	193 (28.2%)	32 (4.7%)	5 (0.7%)
p^{++}	0.004	0.004	0.375
TYPE D'ÉCOLE			
Publique	434 (63.4%)	48 (7.0%)	9 (1.3%)
Privée	174 (25.4%)	17 (2.5%)	3 (0.4%)
p^{++}	0.368	0.403	0.544
LOCALISATION D'ÉCOLE			
Urbaine	505 (73.7%)	53 (7.7%)	9 (1.3%)
Périurbaine	103 (15.0%)	12 (1.8%)	3 (0.4%)
p^{++}	0.338	0.446	0.342
CATÉGORIE D'ÉCOLE			
Intervention	289 (42.2%)	36 (5.3%)	7 (1.0%)
Témoin	319 (46.6%)	29 (4.2%)	5 (0.7%)
p^{++}	0.105	0.149	0.345
TOTAL	608 (88.8%)	65 (9.5%)	12 (1.8%)

p^{++} : valeur de p pour le test χ^2

Les valeurs en gras sont significatives.

Enfin, si on compare le nombre de cas de pression artérielle élevée chez les élèves entre les deux années d'études, on peut observer dans le tableau IV (p.65) qu'il n'y avait pas de différences significatives. En 2014, il y avait plus d'élèves qui ont au moins une pression élevée, alors qu'en 2009, il y avait plus d'élèves qui présentaient deux pressions artérielles systoliques et diastoliques élevées.

Tableau IV: Comparaison du nombre de pressions artérielles élevées entre les années 2009 et 2014.

	N	Aucune	Au moins une pression élevée	Deux pressions élevées
ANNEE D'ETUDE				
2009	791	709 (89.6%)	66 (8.3%)	16 (2.0%)
2014	685	608 (88.8%)	65 (9.5%)	12 (1.8%)
p^{++}		0.324	0.248	0.427
p^s	0.764			

p^{++} : valeur de p pour le test χ^2

p^s : valeur de p pour le test de One-Way ANOVA.

Discussion

Cette étude avait comme objectif d'analyser les données anthropométriques et biologiques chez les enfants d'âge scolaire à Ouagadougou au Burkina Faso, dans le cadre de l'évaluation de l'intervention IEAN implantée dans 12 écoles de la capitale en 2009 (8).

1. La malnutrition chez les écoliers de Ouagadougou en 2014

Il est important d'avoir des marqueurs biologiques et biochimiques pour évaluer l'état nutritionnel de l'individu et de dépister si possible la dénutrition chronique à ses stades précoces (97). Les prévalences de malnutrition en micronutriments dans cette étude étaient de 35.6% pour l'anémie et 26.1% pour la déficience en vitamine A. Ces résultats sont consistants avec ceux d'autres études qui montrent aussi que les carences en vitamine A et en fer sont très fréquentes et communes chez les enfants d'âge scolaire avec 29.6% au Nigeria (98) et 38% au Ghana (99), respectivement, et dans d'autres pays d'Afrique (100). Ces fortes prévalences de déficiences, incluant au Burkina Faso dans notre étude, justifient l'importance de la mise en place des programmes d'interventions, de diversification alimentaire et d'enrichissement des aliments dans les pays africains (101-104). En effet, l'OMS considère l'anémie comme problème de santé publique lorsque la prévalence de la carence en fer dépasse 5,0% chez la population (105).

En ce qui concerne la malnutrition globale, la prévalence totale de retard de croissance était de 8.1%, et la maigreur touchaient 8.4% des élèves. Ces résultats sont loin d'être en accord avec les prévalences moyennes (ET) de retard de croissance et de maigreur chez les enfants d'âge scolaire dans la région africaine qui étaient de 22% (16%) et 36% (21%), respectivement en 2011 (104). Notre étude a été menée dans un milieu urbain et péri-urbain où il est possible que le retard de croissance et la maigreur soient moins communs que dans d'autres régions, notamment celles rurales (106). Aussi, dans l'étude d'impact de 2014, les garçons présentaient plus de retard de croissance et de maigreur que les filles et cette différence était significative ($p = 0.028$). Les études suggèrent effectivement que les garçons

sont plus à risque d'être maigres et d'avoir une croissance plus retardée que les filles (107,108).

D'autre part, dans notre étude, 2.8% des filles contre 0.9% des garçons étaient en surpoids ($p = 0.036$). En effet, Correia J. et al ont publié un article qui explique le phénomène de surpoids et d'obésité en Afrique et sa récente augmentation (109). Il a été suggéré que cette hausse des prévalences d'embonpoint est le résultat d'un gain de poids de manière intentionnelle surtout chez les filles en lien avec les croyances et les coutumes socioculturelles qui valorisent le surpoids comme signe de richesse, de bonne santé, de désirabilité sociale et plus tard à l'âge adulte comme un bon signe de fertilité (109). Dans le cadre de cette même étude d'impact, un questionnaire de fréquence a été rempli par les mêmes élèves ayant des données anthropométriques et biologiques. Le questionnaire inclut également des questions sur l'image corporelle, le statut socio-économique des parents, l'activité physique, etc. Une étudiante en Maîtrise en Nutrition analyse ces questionnaires pour son travail de mémoire. Les résultats du questionnaire en rapport avec l'image corporelle ont montré que 31.7% des filles et 23.4% des garçons désiraient gagner du poids, et cette différence était significative avec $p = 0.046$ [résultats non présentés].

Par ailleurs, les filles sont associées à un niveau de sédentarité supérieur et à un niveau d'activité physique inférieur par rapport aux garçons (110,111). Cette différence dans l'inactivité peut être expliquée par le fait qu'environ un tiers des enfants de l'Afrique de l'Ouest et de l'Afrique Centrale travaillent à temps plein, ou à temps partiel, en combinant travail et école (112). En effet, les garçons sont plus actifs dans les travaux d'agriculture, et ceux qui fréquentent l'école travaillent environ 183 heures de plus par année que les filles, alors que si un garçon ne fréquente pas l'école, il travaille 298 heures de plus par année qu'une fille dans la même condition (113). Toutefois, dans notre étude, nous n'avons aucune donnée sur le travail des enfants et le travail en agriculture mentionné dans la littérature ne s'applique probablement pas aux contextes urbain et périurbain dans lesquels l'étude a eu lieu.

2. La transition nutritionnelle : facteur de risque des MNT

Le surpoids et l'obésité ne sont pas uniquement en relation avec la sédentarité ou les croyances culturelles, comme mentionné précédemment. En effet, des changements majeurs ont eu lieu dans les habitudes alimentaires, l'activité physique et la composition corporelle des humains, indiquant une transition nutritionnelle et menant au développement des maladies chroniques et des facteurs de risques liés à celles-ci. Tel qu'expliqué par Popkin en 2006 (114), la transition nutritionnelle est influencée par plusieurs facteurs y compris l'urbanisation, la croissance économique, le progrès technique et l'agriculture, entraînant l'apparition de nouvelles maladies non-transmissibles et un changement du comportement vers une plus grande sédentarité. Le rythme auquel le changement de régime alimentaire est en train de se produire, semble s'être aussi accéléré dans les diverses régions et pays du monde (114).

L'étude THUSA effectuée par MacIntyre et al. a évalué les apports alimentaires de 1751 adultes en bonne santé en Afrique du Sud (115). Les apports alimentaires ont montré qu'une transition est survenue, soit le passage d'un régime alimentaire « traditionnel » riche en glucides et faible en gras à un régime alimentaire associé aux maladies non transmissibles, et donc plus riche en gras et faible en légumes et fruits. En effet, les résultats de cette étude ont aussi montré que la consommation de fruits et légumes était faible, ne montrant qu'une augmentation dans la zone urbaine où les revenus sont les plus élevés. Ceci prouve d'autant plus la présence d'une transition nutritionnelle en Afrique du Sud, puisque le régime traditionnel africain est riche en une variété de légumes et de fruits cultivés localement par les agriculteurs (115).

D'autre part, une étude effectuée par Delisle et al. (116) a examiné le degré de la transition nutritionnelle au Bénin, et la relation de ce changement de diète avec l'urbanisation et le statut socioéconomique. Deux observations significatives sont à soulever de cette étude : premièrement, la diète consommée dans les zones urbaines était moins préventive contre les maladies chroniques, et donc favorisait davantage les risques cardio-métaboliques, comme une augmentation des concentrations en triglycérides et en lipoprotéines de basse densité, une hypertension, et une obésité générale et/ou abdominale. Selon les auteurs, cette observation

était attendue puisque c'est une caractéristique typique de la transition nutritionnelle. Deuxièmement, il y avait une plus grande consommation de viande, volaille et produits laitiers dans les zones urbaines par rapport aux zones rurales, alors que l'apport en céréales, légumineuses et fruits était faible. Selon les chercheurs de cette étude, ceci signifie que le processus de transition alimentaire au Bénin est en relation avec l'urbanisation, le statut socio-économique et la mondialisation.

Plusieurs études ont examiné la relation entre le surpoids et/ou l'obésité abdominale (définie par un tour de taille élevé) et la transition nutritionnelle dans les pays en développement (10,117). En effet, les chercheurs sont en accord qu'il existe une prévalence d'obésité plus marquée dans les zones urbaines par rapport aux zones rurales. Cette exposition à l'obésité et à d'autres facteurs de risques de maladies chroniques est liée aux changements des habitudes alimentaires et du mode de vie sous l'influence de l'urbanisation et de la croissance économique (10). Une étude menée par Sasso et al. au Bénin chez 541 adultes âgés de 25 à 60 ans, choisis au hasard et en bonne santé confirme le lien entre l'obésité abdominale et la transition nutritionnelle. Au fait, des données anthropométriques et biologiques ont été collectées au début de l'étude, après 24 mois et 48 mois. Ainsi, au cours d'une période de 4 ans, il y a eu des changements de diète et d'habitudes de vie au Bénin, un pays en développement qui est en cours de transition nutritionnelle (116,117). Ceci a finalement contribué à une augmentation des prévalences du surpoids et de l'obésité abdominale, associée à des risques cardio-métaboliques élevés (117).

3. Le nombre de carences et le DFN

Comme mentionné précédemment, la malnutrition est fortement présente chez les enfants d'âge scolaire à Ouagadougou. Environ 37% des élèves souffraient d'au moins une carence nutritionnelle ou en micronutriments, et environ 9% d'au moins deux. Ces résultats bien que moins importants par rapport à ceux de 2009 (8) démontrent la persistance du DFN au niveau de la communauté scolaire, puisqu'en plus de la sous-nutrition, 4.3% des élèves étaient en surpoids ou obèses. D'autre part, les résultats appuient l'existence du DFN même au

niveau individuel. Au fait, huit élèves (1.2%) présentaient un surpoids et une anémie simultanément (résultats non présentés).

Delisle et al. ont examiné la relation entre la transition nutritionnelle et le double fardeau nutritionnel qui s'est avéré présent dans les zones rurales pauvres de l'Afrique de l'Ouest (9), et dans une étude menée chez 148 ménages au Bénin (118), 16.2% présentaient une malnutrition protéino-énergétique chez les enfants combinée à un surpoids et/ou obésité chez la mère. Ceci affirme encore une fois la présence du double fardeau nutritionnel au Bénin, au sein d'une même famille.

4. La tension artérielle chez les écoliers de Ouagadougou en 2014

Dans notre étude, les filles présentaient en moyenne des pressions artérielles systoliques et diastoliques plus élevées que les garçons ($p= 0.001$ et $p=0.006$ respectivement). Ceci va à l'encontre d'une étude réalisée par Moser et al. (119) au Brésil chez des enfants âgés de 10 à 16 ans, et dans laquelle les résultats ont montré que les garçons avaient en moyenne des PAS et PAD plus élevées que les filles ($p = 0.003$ et $p = 0.015$ respectivement). Il n'est toutefois pas très pertinent de classer les enfants comme ayant une hypertension ou une tension élevée, vu que les mesures se sont faites durant une seule journée seulement et qu'aucun suivi n'a été fait par la suite. Selon le 4^{ème} rapport sur le diagnostic, l'évaluation et le traitement de la pression artérielle élevée chez les enfants et les adolescents publié par NHBPEP (120), une pression artérielle élevée doit être confirmée lors de visites répétées avant de caractériser un enfant comme souffrant d'hypertension.

Aussi, si on compare le nombre de pression artérielle élevée chez les élèves de l'étude de base (70) et de notre étude d'impact, on peut conclure que les différences sont négligeables et non significatives. Ces résultats, bien que faibles encore, pourraient devenir inquiétants à long terme, puisqu'il existe une association entre la préhypertension et l'hypertension d'une part et l'augmentation des prévalences de surpoids et d'obésité d'autre part chez les jeunes (120, 121,122).

5. Rôle de l'industrialisation : comparaison entre les écoles urbaines et périurbaines

Lorsqu'on compare les données anthropométriques entre les écoles situées dans les milieux urbains et celles localisées en zones périurbaines, on retrouve des différences significatives dans les proportions de retard de croissance et d'anémie ($p = 0.037$ et $p < 0.001$, respectivement). Toutefois, à cause d'une répartition inégale des élèves dans ces deux zones, avec 538 dans dix écoles urbaines et 113 dans uniquement deux écoles périurbaines, les prévalences des différents statuts nutritionnels et des déficiences en fer et en vitamine A étaient plus élevées dans les zones urbaines, mais non significatives.

L'Afrique est en phase d'urbanisation rapide (123), passant de 15% dans les années 60 jusqu'à 40% en 2010, avec une estimation de 60% en 2050, selon le rapport du Programme des Nations Unies pour les établissements humains (ONU-Habitat) de 2010 (124). Toutefois, le Burkina Faso fait partie des pays qui sont encore dans des phases précoces de l'urbanisation, mais ayant une rapide augmentation de la population, surtout à Ouagadougou (124,125). Ceci signifie que la croissance populationnelle est plus rapide que la croissance économique, ce qui conduit à de grands défis socioéconomiques et donc à plus de pauvreté et d'inégalités sociales (124). Ainsi, selon un rapport de la Banque Mondiale sur la nutrition comme facteur primordial au développement en Afrique, la persistance de la malnutrition dans les zones urbaines affecte au moins un tiers des enfants dans les pays en développement (125) ce qui pourrait expliquer les résultats retrouvés dans notre étude. Ceci est aussi conforme à une étude faite en Afrique Sub-saharienne sur la malnutrition et l'urbanisation et qui confirme que bien que les prévalences de malnutrition dans les zones urbaines et rurales aient été presque inchangées au fil du temps dans quelques pays africains, elles ont toutes deux augmenté au Burkina Faso (126).

6. Analyse de l'efficacité de l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition

6.1. Différence entre étude de base et étude d'impact

La comparaison des résultats de l'étude de base et de l'étude d'impact porte sur la différence de prévalences des différents statuts nutritionnels et biologiques entre les mêmes écoles de Ouagadougou, et non entre les mêmes élèves de 2009 et 2014.

Au fait, entre 2014 et 2009, il y a eu moins d'élèves maigres (7.2% et 13.7%, respectivement), et ce résultat est significatif avec un $p < 0.001$. Cette différence peut être expliquée par le fait qu'en 2008, le Burkina Faso avait été touché par une crise économique qui a laissé le pays dans une plus profonde pauvreté et insécurité alimentaire. La hausse des prix a été corrélée avec une diminution de la consommation de fruits et légumes, des produits laitiers et des viandes et volailles (127). Vu que les données de l'étude de base ont été collectées vers les premiers mois de l'année suivante, la crise de 2008 aurait pu être en cause.

Aussi, entre l'étude d'impact et l'étude de base, il y a eu une diminution significative des prévalences de carences en micronutriments : l'anémie a baissé de 38.7% en 2009 à 26.1% en 2014 ($p = 0.007$), et la déficience en vitamine A de 40.4% à 35.6% ($p = 0.044$). Bien que ces diminutions aient été observées entre les deux études, les prévalences sont encore élevées et présentent un risque pour la santé publique selon l'OMS (75). Il est donc primordial d'élaborer des interventions et des stratégies de lutte dans le but de réduire les taux de déficience en vitamine A et en fer. Une méta-analyse récente (128) a évalué les impacts nutritionnels de boissons enrichies en micronutriments multiples chez des enfants d'âge scolaire dans des pays ayant un faible à moyen revenu, et il y a eu des améliorations significatives dans les concentration d'hémoglobine ($p = 0,004$) et dans les prévalences d'anémie ferriprive ($p = 0,02$). Aussi, un projet pilote réalisé par Zagré et al. à Ouagadougou avait comme objectif de vérifier l'efficacité de la consommation de l'huile de palme rouge dans la lutte contre la déficience en vitamine A (129). La promotion de la consommation de l'huile de palme rouge s'est faite chez les enfants pendant deux ans. Les résultats ont montré une amélioration dans les taux de rétinol. En moyenne, la rétinolémie a augmenté de 0.55 ± 0.04 à 0.64 ± 0.04 $\mu\text{mol/l}$ ($p=0,012$) et 66.9% des enfants étaient déficients à la fin de l'étude et suite à la consommation de l'huile de palme rouge, par rapport à 84.5% au début ($p=0,004$).

D'autre part, seulement le taux de surpoids a significativement augmenté entre l'année 2009 et 2014, passant de 1.7% à 3.7% respectivement ($p=0.020$). Ceci n'est pas surprenant, et prouve la rapidité de l'installation de la transition nutritionnelle au Burkina Faso, en plus de la persistance de la pauvreté dans ce pays ce qui crée des inégalités économiques dans la population et une insécurité alimentaire entraînant une augmentation de la suralimentation et du surpoids, aussi bien chez les enfants que chez les adultes (8, 70-72).

6.2. Différence entre les écoles « intervention » et « témoin »

En comparant les écoles « intervention » de 2009 à celles de 2014, on remarque uniquement une diminution significative des prévalences de maigreur : 3.5% des élèves en 2014 étaient maigres par rapport à 12.5% en 2009 ($p < 0.001$). Malheureusement, même dans les écoles « intervention », le taux d'élèves en surpoids a plus que triplé de 2009 à 2014 (1.0% et 3.5% respectivement). Ce résultat qui, bien qu'encore faible, est significatif ($p=0.031$). En ce qui concerne les écoles « témoin » de l'étude d'impact et de l'étude de base, seules les différences de prévalence de déficience en vitamine A entre 2009 (41.1%) et 2014 (24.0%) et celles de l'anémie (47.2% et 38.8% respectivement) étaient significatives ($p=0.009$ et $p=0.015$ respectivement), alors que tous les autres résultats n'étaient pas significatifs. Les prévalences dans les deux catégories d'écoles semblent s'orienter vers la même voie, que ce soit une diminution des carences ou l'augmentation du surpoids. Ainsi, si on attribue cette amélioration des statuts nutritionnels à l'IEAN dans les écoles « intervention » ayant reçu cette initiative, on ne peut cependant pas négliger l'amélioration qui a été faite aussi dans les écoles « témoin ». Toutefois, il faudrait être prudent dans l'interprétation de ces différences, car il est possible que même dans les écoles n'ayant pas reçu l'intervention, certaines pratiques alimentaires et d'hygiène se soient améliorées sous l'effet de l'initiative. Néanmoins, elle a été mise en place dans des écoles appariées en location, type, taille, statut socioéconomique, etc. (8) et des changements survenus dans une école « intervention » auraient pu affecter une école « témoin » dont elle est voisine.

Comme discuté dans ce mémoire, l'IEAN est une initiative qui a pour but de promouvoir la santé nutritionnelle et la bonne hygiène dans les écoles. Son objectif est de contrer la propagation du double fardeau nutritionnel chez les enfants d'âge scolaire. Des changements qualitatifs dans le mode de vie et les habitudes alimentaires ont été rapportés aussi bien dans les écoles que dans les familles des écoliers (130).

Cette initiative s'est avérée avantageuse à Cotonou et à Ouagadougou, suivant le projet-pilote menée par Delisle et al. (81). Selon les enseignants, dans les deux pays, les facteurs qui ont facilité l'implantation de l'IEAN étaient principalement le support des directeurs d'écoles et des parents, l'assistance entre les membres des comités et l'aide technique et financière, bien que parfois limitée, du projet DFN. Des cinq principes de l'IEAN, deux ont été trouvés bénéfiques :

- *La formation des enseignants, intervenants et parents (28).*

En effet, la communauté scolaire a été sensibilisée et ses capacités à mettre en place la politique de l'IEAN ont été renforcées. À Ouagadougou, des journées dédiées à la nutrition ont été organisées pour les élèves, les parents et la communauté et les enseignants ont reçu une formation en éducation nutritionnelle (81).

- *Le développement d'un environnement propice à la nutrition et la santé (28).*

L'IEAN a permis d'améliorer l'offre nutritionnelle par une modification constatée dans les types d'aliments vendus aux écoliers et dans les pratiques d'hygiène des vendeurs de nourriture (52). Ces derniers utilisent moins le sel et le gras, et offrent plus de fruits. Au fait, le personnel et les vendeuses sont maintenant au courant des enjeux et des conséquences d'une mauvaise hygiène alimentaire grâce à l'IEAN (130). Aussi, le système sanitaire a considérablement progressé grâce aux efforts des élèves et de leurs parents. Toutefois, plusieurs écoles n'ont pas les matériaux et les équipements sanitaires les plus fondamentaux (81).

Malgré les améliorations rapportées, les interventions menées dans les pays en développement et les programmes scolaires de type IEAN sont confrontés à plusieurs obstacles. Ceci rend la mise en œuvre de l'initiative plus compliquée et complexe. Par

exemple, le questionnaire d'auto-évaluation est généralisé et une même version est utilisée dans tous les pays même si chacun possède des contextes différents. Il est donc important d'adapter ce questionnaire aux circonstances des écoles de l'Afrique pour permettre une meilleure application de l'Initiative (81).

D'autres part, les trois autres conditions de l'IEAN ont besoin davantage de développement et de modifications :

- *L'application d'une politique nutritionnelle à l'école (28).*

Au fait, le développement d'une politique nutritionnelle est la première exigence pour la mise en place de l'IEAN. Toutefois, les écoles ne sont pas conscientes du besoin d'avoir une politique nutritionnelle et ne comprennent pas son but au début de l'initiative. Ce n'est qu'après avoir établi et développé les autres composantes de l'IEAN que la politique nutritionnelle prend sens dans les écoles (81). Aussi, la formulation des politiques pour les écoles se fait par le gouvernement et non au niveau de chaque école séparément.

- *L'intégration de la nutrition au niveau du curriculum scolaire (28).*

Bien que la modification du curriculum soit une composante essentielle pour l'éducation nutritionnelle, elle est toutefois difficile à achever car elle est déjà développée et surchargée de diverses disciplines qui accaparent tout le temps d'école disponible.

- *L'offre de services de nutrition et de santé (28).*

Une surveillance nutritionnelle des élèves par la prise de mesures anthropométriques a été réalisée. Au fait, le manque d'accès aux ressources matérielles et humaines (personnel de santé) dans certaines écoles empêche l'offre d'un système de référence de nutrition et de santé aux élèves (81).

L'IEAN se distingue des autres interventions scolaires par la formation d'un réseau interconnecté constitué d'élèves, de parents, de la communauté scolaire et du gouvernement. Comparée à d'autres interventions scolaires et familiales, l'IEAN encourage la participation directe des parents, ce qui la rend plus bénéfique qu'une intervention en milieu familiale et en

milieu scolaire, séparément (131). Une étude de suivi d'une cohorte pendant 19 ans avait comme objectif de déterminer les effets d'une intervention en préscolaire sur la santé et le bien-être de jeunes adultes de 24 ans (132). Ces derniers provenaient de familles à faible revenu en milieu urbain à Illinois (Chicago, US). Les auteurs de cette étude ont conclu que la participation à une intervention dès l'âge préscolaire est associée à des résultats positifs et des effets durables à l'âge adulte (132) ; et ceci dans plusieurs domaines comme la fréquentation de l'université, les crimes et arrestations, l'emploi, la couverture d'assurance, etc. Toutefois, l'IEAN pourrait être plus bénéfique qu'une intervention en préscolaire uniquement, car les enfants d'âge scolaire utilisent plus efficacement l'éducation qui leur a été enseignée par rapport aux enfants plus jeunes (131). Aussi, une revue systématique a comparé les effets des interventions scolaires et celles au niveau familial dans le traitement de l'obésité infantile (131). Comme résultats principaux, il a été démontré que les interventions en milieu familial étaient les plus efficaces pour les enfants de moins de 12 ans, alors que les interventions scolaires étaient les plus influentes chez les écoliers âgés de 12 à 17 ans (131).

7. Forces et limites de l'étude d'impact

Cette étude est la première étude à comparer la mise en place de l'IEAN dans le milieu scolaire au niveau nutritionnel, pour un intervalle de cinq ans, dans le but d'examiner l'efficacité de cette initiative. La taille de l'échantillon était suffisamment grande et répondait aux estimations statistiques utilisées dans l'étude de base (8). Toutefois, cette étude présente aussi quelques limites. Tout d'abord, l'échantillonnage ne permet pas de généraliser les résultats retrouvés ni à tous les élèves d'âge scolaire au Burkina Faso, ni à tous les enfants car uniquement environ 52% des enfants dans ce pays fréquentent l'école primaire (133). Aussi, les données de cette étude ont été recueillies dans des écoles urbaines et périurbaines de la capitale Ouagadougou, il n'est donc pas possible d'extrapoler les résultats obtenus à des régions éloignées et rurales. De plus, la nature transversale de l'étude ne permet pas de démontrer des relations de causalité dans les paramètres étudiés. Cette étude est une analyse observationnelle de l'Initiative des Écoles Amies de la Nutrition. Il serait donc important pour les futures recherches d'effectuer des études longitudinales qui suivront les écoles et les élèves des écoles ayant obtenu l'appellation « Amies de la Nutrition ». Ceci permet d'établir une

relation de causalité entre le statut nutritionnel des enfants et l'intervention appliquée sur les écoles durant une période de temps déterminée. Enfin, les âges des élèves étaient parfois approximatifs, c'est-à-dire que les élèves dont seule l'année de naissance était connue ont eu des dates de naissance attribuées (« 30 juin » de l'année de naissance) ce qui aurait possiblement eu des effets sur les résultats vu que 36.7% des élèves ont été affectés par cette mesure d'approximation.

Conclusion

Le double fardeau nutritionnel présente un enjeu majeur en santé publique, autant chez les enfants que chez les adultes. Il serait à présent plus pertinent d'élaborer des plans de prévention qui ciblent la sous-nutrition et la surnutrition conjointement, et non séparément comme étant chacun un problème nutritionnel individuel.

Il n'est pas possible actuellement d'évaluer jusqu'à quelle mesure les progrès remarquables seraient attribuables à l'IEAN uniquement. Cependant, nos résultats pointent vers une grande amélioration du statut nutritionnel des enfants d'âge scolaire à Ouagadougou. L'IEAN est donc potentiellement efficace après cinq ans de mise en œuvre même si elle ne constitue pas l'unique intervention, puisque d'autres interventions sont entreprises, notamment à travers le Plan Stratégique de Nutrition (2010-2015) du Ministère de la Santé au Burkina Faso qui mentionne que :

« le Gouvernement du Burkina Faso a adopté une politique nationale de nutrition en 2007 qui constitue un cadre de référence pour organiser, renforcer, fédérer les synergies d'actions et de dynamiser les interventions en faveur de la nutrition dans le secteur de la santé » (134).

Mettre l'accent sur le statut nutritionnel des enfants et mener des interventions dès le plus jeune âge dans le domaine de la santé et la nutrition est primordial. La prévention et le ralentissement du développement du double fardeau nutritionnel et des maladies chroniques chez l'enfant doivent demeurer une priorité pour les experts de santé publique et de nutrition afin d'avoir un bon développement des habitudes des enfants dans les pays en développement, et au Burkina Faso spécifiquement, vu que la tendance de ces pays s'oriente davantage et de façon rapide vers l'urbanisation et les changements de mode de vie.

Bibliographie

1. Sangaré L, Diandé S, Badoum G, Dingtounda B, Traoré AS. Anti-tuberculosis drug resistance in new and previously treated pulmonary tuberculosis cases in Burkina Faso. *Int J Tuberc Lung Dis.* 2010;14(11):1424 - 9.
2. Saleri N, Badoum G, Ouedraogo M, Dembele SM, Nacanabo R, Bonkougou V, et al. Extensively drug-resistant tuberculosis, Burkina Faso. *Emerg Infect Dis.* 2010;16(5):840-2.
3. Jaquet A, Garanet F, Balestre E, Ekouevi DK, Azani JC, Bognounou R, et al. Antiretroviral treatment and quality of life in Africans living with HIV: 12-month follow-up in Burkina Faso. *J Int AIDS Soc.* 2013;16:1-10.
4. Makhoulf Obermeyer C, Bott S, Bayer R, Desclaux A, Baggaley R, and the MATCH Group. HIV testing and care in Burkina Faso, Kenya, Malawi and Uganda: ethics on the ground. *BMC Int Health Hum Rights.* 2013;13(6):14 p.
5. Organisation des Nations Unies (ONU) . Objectifs du Millénaire pour le développement : Rapport de 2013. New York; Juin 2013. 61 p.
6. Organisation des Nations Unies (ONU) . Objectifs du Millénaire pour le Développement et l'après-2015 [En ligne]. [Cité le 06 novembre 2015]. Disponible: <http://www.un.org/fr/millenniumgoals/bkgd.shtml>
7. Organisation des Nations Unies (ONU). Objectifs du millénaire pour le développement : rapport de 2013 - Objectif 4 : Réduire la mortalité des enfants. New York; Juin 2013. p.24-27.
8. Dabone C, Delisle HF, Receveur O. Poor nutritional status of schoolchildren in urban and peri-urban areas of Ouagadougou (Burkina Faso). *Nutr J.* 2011;10:34.
9. Delisle H, Agueh V, Fayomi B. Partnership research on nutrition transition and chronic diseases in West Africa - trends, outcomes and impacts. *BMC Int Health Hum Rights.* 2011;11 Suppl 2:S10.
10. Ntandou G, Delisle H, Agueh V, Fayomi B. Abdominal obesity explains the positive rural-urban gradient in the prevalence of the metabolic syndrome in Benin, West Africa. *Nutr Res.* 2009;29(3):180-9.
11. World Food Programme (WFP). Two minutes to learn about: School Meals; Mai 2012.

12. World Health Organization (WHO). World Health Statistics 2014; 2014.
13. Bener A. Prevalence of obesity, overweight, and underweight in Qatari adolescents. *Food Nutr Bull.* 2006;27(1):39-45.
14. Salehi-Abargouei A, Abdollahzad H, Bameri Z, Esmailzadeh A. Underweight, Overweight and Obesity Among Zaboli Adolescents: A Comparison Between International and Iranians' National Criteria. *Int J Prev Med.* 2013;4(5):523 - 30.
15. Galal O. Nutrition-related health patterns in the Middle East. *Asia Pac J Clin Nutr.* 2003;12(3):337-343.
16. Madanat HN, Troutman KP, Al-Madi B. The nutrition transition in Jordan: the political, economic and food consumption contexts. *Promot Educ.* 2008;15(1):6-10.
17. Atinmo T, Mirmiran P, Oyewole OE, Belahsen R, Serra-Majem L. Breaking the poverty/malnutrition cycle in Africa and the Middle East. *Nutr Rev.* 2009;67 Suppl 1:S40-6.
18. Le Nguyen BK, Le Thi H, Nguyen Do VA, Tran Thuy N, Nguyen Huu C, Thanh Do T, et al. Double burden of undernutrition and overnutrition in Vietnam in 2011: results of the SEANUTS study in 0.5-11-year-old children. *Br J Nutr.* 2013;110 Suppl 3:S45-56.
19. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85(09):660-7.
20. Rojroongwasinkul N, Kijboonchoo K, Wimonpeerapattana W, Purttiponthanee S, Yamborisut U, Boonpradern A, et al. SEANUTS: the nutritional status and dietary intakes of 0.5-12-year-old Thai children. *Br J Nutr.* 2013;110 Suppl 3:S36-44.
21. Hawkes C. Uneven dietary development: linking the policies and processes of globalization with the nutrition transition, obesity and diet-related chronic diseases. *Global Health.* 2006;2:4.
22. Egger G, Swinburn B, Islam FM. Economic growth and obesity: an interesting relationship with world-wide implications. *Econ Hum Biol.* 2012;10(2):147-53.
23. Swinburn BA, Sacks G, Hall KD, McPherson K, Finegood DT, Moodie ML, et al. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *Lancet.* 2011;378(9793):804-14.
24. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). *Statistiques Sanitaires Mondiales* 2006; 2006.

25. Ene-Obong H, Ibeanu V, Onuoha N, Ejekwu A. Prevalence of overweight, obesity, and thinness among urban school-aged children and adolescents in southern Nigeria. *Food Nutr Bull.* 2012;33(4):242-250.
26. Manyanga T, El-Sayed H, Doku DT, Randall JR. The prevalence of underweight, overweight, obesity and associated risk factors among school-going adolescents in seven African countries. *BMC public health.* 2014;14:887.
27. Double Fardeau Nutritionnel - Pôle francophone en Afrique. Politiques-Quelles approches de lutte contre le double fardeau de la malnutrition et contre les maladies chroniques liées à la nutrition? [En ligne]. Cité le 06 août 2015. Disponible: www.poledfn.org.
28. World Health Organization (WHO). Nutrition-Friendly Schools Initiative (NFSI) : A school-based programme to address the double burden of malnutrition. Department of Nutrition for Health and Development [En ligne]. Cité le 11 mai 2015. Disponible : http://www.who.int/nutrition/topics/NFSI_Briefing_presentation.pdf
29. United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). Innocenti Declaration : On the Protection, Promotion and Support of Breastfeeding. [En ligne]. [Cité le 05 août 2015].
Disponible: <http://www.unicef.org/programme/breastfeeding/innocenti.htm>
30. United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). The Baby-Friendly Hospital Initiative [En ligne]. [Cité le 06 août 2015].
Disponible: <http://www.unicef.org/programme/breastfeeding/baby.htm>
31. Hawkins SS, Stern AD, Baum CF, Gillman MW. Compliance with the Baby-Friendly Hospital Initiative and impact on breastfeeding rates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2014;99(2):F138-43.
32. Abrahams SW, Labbok MH. Exploring the impact of the Baby-Friendly Hospital Initiative on trends in exclusive breastfeeding. *Int Breastfeed J.* 2009;4:11.
33. World Health Organization (WHO). Nutrition-Friendly Schools Initiative (Introduction). 2009; Copenhagen, Denmark.
34. Summerbell CD, Waters E, Edmunds LD, Kelly S, Brown T, Campbell KJ. Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005(3):1-70.

35. Flynn MAT, McNeil DA, Maloff B, Mutasingwa D, Wu M, Ford C, et al. Reducing obesity and related chronic disease risk in children and youth : a synthesis of evidence with "best practice" recommendations. *Obes Rev.* 2005;7(Suppl.1):7-66.
36. National Institute for health and Care Excellence (NICE). Guidance on the prevention of overweight and obesity in adults and children. NICE guidelines [CG43]. Décembre 2006.
37. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) [En ligne]. The interagency initiative FRESH (Focusing Resources on Effective School Health). [Cité le 08 novembre 2015]. Disponible: http://www.unesco.org/education/efa/know_sharing/flagship_initiatives/fresh.shtml
38. World Food Programme (WFP), United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). The Essential Package : Twelve interventions to improve the health and nutrition of school-age children.
39. United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). Child-Friendly Schools. Unite for Children; Nov 2006.
40. Andrew A, Malde B. Child development and policy interventions in developing countries. Institute for Fiscal Studies. 2014.
41. MaiMwana Project. Reduce mortality and morbidity of women of child bearing age and underfive children [En ligne]. [Cité le 06 novembre 2015]. Disponible: <http://www.maimwana.org/index.php/aims>.
42. Fitzsimons E, Malde B, Mesnard A, Vera-Hernandez M. Nutrition, Information, and Household Behavior: Experimental Evidence from Malawi. Institute of Fiscal Studies. 2014.
43. Hawkes C. Promoting health diets through nutrition education and changes in the food environment : an international review of actions and their effectiveness. Rome: Nutrition Education and Consumer Awareness Group, Food and Agriculture Organization of the United Nations; Rome 2013.
44. Francis M, Nichols SS, Dalrymple N. The effects of a school-based intervention programme on dietary intakes and physical activity among primary-school children in Trinidad and Tobago. *Public Health Nutr.* 2010;13(5):738-47.
45. Singhal N, Misra A, Shah P, Gulati S. Effects of controlled school-based multi-component model of nutrition and lifestyle interventions on behavior modification,

anthropometry and metabolic risk profile of urban Asian Indian adolescents in North India. *Eur J Clin Nutr.* 2010;64(4):364-73.

46. Sichieri R, Paula Trotte A, de Souza RA, Veiga GV. School randomised trial on prevention of excessive weight gain by discouraging students from drinking sodas. *Public Health Nutr.* 2009;12(2):197-202.

47. Pinfold JV, Horan NJ. Measuring the effect of a hygiene behaviour intervention by indicators of behaviour and diarrhoeal disease. *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 1996;90:366-71.

48. Curtis V, Kanki B, Cousens S, Diallo I, Kpozehouen A, Sangaré M et al. Evidence of behaviour change following a hygiene promotion programme in Burkina Faso. *Bull World Health Organ.* 2001;79:518-27.

49. Brazier E, Andrzejewski C, Perkins ME, Themmen EM, Knight RJ, Bassane B. Improving poor women's access to maternity care: Findings from a primary care intervention in Burkina Faso. *Soc Sci Med.* 2009;69(5):682-90.

50. Kouyate B, Some F, Jahn A, Coulibaly B, Eriksen J, Sauerborn R et al. Process and effects of a community intervention on malaria in rural Burkina Faso: randomized controlled trial. *Malar J.* 2008;7:50.

51. World Health Organization (WHO) Multicenter growth reference study group. Relationship between physical growth and motor development in the WHO Child Growth Standards. *Acta Paediatr* 2006;Suppl.450:96-101.

52. Boom JA. Normal growth patterns in infants and prepubertal children [En ligne]. [Cité le 19 octobre 2015]. Disponible:<http://www.uptodate.com/contents/normal-growth-patterns-in-infants-and-prepubertal-children>.

53. Barker DJP. Introduction: The Window of Opportunity. *J. Nutr.* 2007;137:1058-9.

54. Ramakrishna R. Vitamins and brain development. *Physiol Res.* 1999;48:175-87.

55. Mahan KL, Escott-Stump S. *Krause's Food and Nutrition Therapy.* 12th ed. St.Louis Mo: Elsevier/Saunders, 2008.

56. Huitt, W., & Hummel, J.. *Piaget's theory of cognitive development.* Ed Psych Interactive. Valdosta, GA: Valdosta State University. 2003.

57. Beard JL. Why Iron Deficiency Is Important in Infant Development. *J. Nutr.* 2008;138:2534-6.

58. Lozoff B, Georgieff MK. Iron deficiency and brain development. *Semin Pediatr Neurol.* 2006;13(3):158-65.
59. Wasantwisut E. Nutrition and development : other micronutrients' effect on growth and cognition. *Southeast Asian J. Trop. Med. Public Health.* 1997;28 (Suppl 2):78-82.
60. Grantham-McGregor S, Cheung YB, Cueto S, Glewwe P, Richter L, Strupp B. Developmental potential in the first 5 years for children in developing countries. *Lancet.* 2007;369(9555):60-70.
61. Sudfeld CR, McCoy DC, Fink G, Muhimi A, Bellinger DC, Masanja H et al. Malnutrition and Its Determinants Are Associated with Suboptimal Cognitive, Communication, and Motor Development in Tanzanian Children. *J Nutr.* 2015;145(12): 2705-2714.
62. Sudfeld CR, McCoy DC, Danaei G, Fink G, Ezzati M, Andrews KG et al. Linear growth and child development in low- and middle-income countries: a meta-analysis. *Pediatrics.* 2015;135(5): 1266-75.
63. Casale D, Desmond C, Richter L. The association between stunting and psychosocial development among preschool children: a study using the South African Birth to Twenty cohort data. *Child Care Health Dev.* 2014;40(6):900-10.
64. World Health Organization (WHO) . Burkina Faso : WHO Statistical Profile; jan 2015.
65. Wuehler SE, Ouedraogo AW. Situational analysis of infant and young child nutrition policies and programmatic activities in Burkina Faso. *Matern Child Nutr.* 2011;7 Suppl 1:35-62.
66. World Health Organization (WHO). WHO Country Profile: Burkina Faso [En ligne]. [Cité le 01 août 2015]. Disponible: <http://www.who.int/countries/bfa/en>
67. World Health Organization (WHO). Noncommunicable Diseases (NCD) Country Profiles: Burkina Faso;2014.
68. Zeba AN, Delisle H, Renier G, Savadogo B, Baya B. The double burden of malnutrition and cardiometabolic risk widens the gender and socio-economic health gap: a study among adults in Burkina Faso (West Africa). *Public Health Nutr.* 2012;15(12):2210-9.
69. Niakara A, Fournet F, Gary J, Harang M, Nebie LV, Salem G. Hypertension, urbanization, social and spatial disparities: a cross-sectional population-based survey in a West

African urban environment (Ouagadougou, Burkina Faso). *Trans R Soc Trop Med Hyg.* 2007;101(11):1136-42.

70. Dabone C. Le double fardeau de la malnutrition à l'âge scolaire en milieu urbain : Une étude au Burkina Faso [Thèse]. Montréal (QC), Canada: Université de Montréal; 2011, 372 p.

71. Dabone C, Delisle H, Receveur O. Cardiometabolic Risk Factors and Associated Features in 5th Grade Schoolchildren in Ouagadougou, Burkina Faso (West Africa). *Int J Child Health Nutr.* 2012;1(2):104-112.

72. Dabone C, Delisle H, Receveur O. Predisposing, facilitating and reinforcing factors of healthy and unhealthy food consumption in schoolchildren: a study in Ouagadougou, Burkina Faso. *Glob Health Promot.* 2013;20(1):68-77.

73. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Concentrations sériques en rétinol pour déterminer la prévalence de la carence en vitamine A dans les populations. *Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS)*; Genève, 2011.

74. Biomnis. Retinol-binding protein. *Précis de biopathologie - analyses médicales spécialisées*; 2012.

75. Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Partie II : Évaluation de l'importance de la malnutrition par carence en micronutriments sur le plan de la santé publique. Dans : Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R., rédacteurs. *Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments.* 2011. p. 43 - 101.

76. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Concentrations en hémoglobine permettant de diagnostiquer l'anémie et d'en évaluer la sévérité. *Vitamin and Mineral Nutrition Information System (VMNIS)*; Genève, 2011.

77. Burkina Faso, Ministère de l'Economie et de Finances. Enquête Démographique et de Santé et à Indicateurs Multiples (EDSBF-MICS IV) 2010. Maryland, USA: INSD et ICF International, Avril 2012.

78. Gouvernement du Canada. Profil de projet : Double fardeau nutritionnel. [En ligne]. [Cité le 30 octobre 2015].

Disponible:<http://www.acdi-cida.gc.ca/cidaweb/cpo.nsf/vWebCSAZFr/F4E84049FB7B3DF1852573C6003CC0BD>.

79. Pôle DFN. « Écoles amies de la nutrition » au Burkina Faso [En ligne]. 2009. [Cité le 30 octobre 2015]. Disponible: <http://poledfn.org/ecoles-amies-de-la-nutrition-au-burkina-faso/>.
80. Daboné C, Receveur O, Delisle H. Mise en oeuvre de l' « Initiative des écoles amies de la nutrition » à Ouagadougou (Burkina Faso) : étude de base. 19es Journées annuelles de santé publique: Montréal (QC); 2009.
81. Delisle HF, Receveur O, Agueh V, Nishida C. Pilot project of the Nutrition-Friendly School Initiative (NFSI) in Ouagadougou, Burkina Faso and Cotonou, Benin, in West Africa. *Glob Health Promot.* 2013;20(1):39-49.
82. Pôle DFN. Résultats: Sensibilisation des acteurs [En ligne]. [Cité le 06 novembre 2015]. Disponible: <http://poledfn.org/nos-actions/les-ecoles-amies-de-la-nutrition/resultats/>.
83. StatSoft [en ligne]. Puissance de Test : Taille d'Échantillon Optimale et Intervalles de Confiance [environ 13 écrans]. [Cité le 11 mai 2015].
Disponible: http://www.statsoft.fr/concepts-statistiques/puissance-de-test/puissance-de-test-taille-d-echantillon-optimale-intervalles-de-confiance.php#.Vjxw_6J-9Kq
84. Banerjee A, Chitnis UB, Jadhav SL, Bhawalkar JS, Chaudhury S. Hypothesis testing, type I and type II errors. *Ind Psychiatry J.* 2009;18(2):127 - 31.
85. Adadevoh S, Agle T, Hobbs C, Elkins T. Menarcheal age in Ghanaian school girls. *Int J Gynaecol Obstet* 1989;30(1):63 - 8.
86. Padez C. Age at menarch of schoolgirls in Maputo, Mozambique. *Ann Hum Biol.* 2003;30(4):487-95.
87. Dabone C. Rapport sur la mission d'étude d'impact de l'Initiative Écoles Amies de la Nutrition réalisée en milieu scolaire de Ouagadougou (Burkina Faso) - Février 2014; Juin 2014.
88. Bonnefont-Rousselot D, Bonnel S, Borel P, Bouglé D, Cais MS, Carbonneau MA et al. Les Vitamines. Cahier de Formation - Biologie Médicale. Paris: Bioforma; 2007. p. 361.
89. The Fourth Report on the Diagnosis, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure in Children and Adolescents. *Pediatrics.* 2004;114(2):555-76.
90. Admed Laboratoires. Dosage : Vitamine A (rétinol) et vitamine E (tocophérol) n.65 ; jan 2013.

91. World Health Organization (WHO). Iron Deficiency Anaemia : Assessment, Prevention and Control - A guide for programme managers; Geneva 2001.
92. Dictionnaire Larousse [En ligne]. "Auxologie"; [Cité le 06 mai 2015].
Disponible: <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/auxologie/6911>
93. Collège des Enseignants d'Endocrinologie. Item 36 : Retard de croissance staturo-pondérale. 2004.
94. Butte NF, Garza C, de Onis M. Evaluation of the Feasibility of International Growth Standards for School-Aged Children and Adolescents. J. Nutr. 2007;137:153-157.
95. de Onis M. The use of anthropometry in the prevention of childhood overweight and obesity. Int J Obes. 2004;28 Suppl 3:S81-5.
96. World Health Organization (WHO). Growth reference 5-19 years : Weight-for-age (5-10 years) [En ligne]. [Cité le 05 mai 2015].
Disponible: http://www.who.int/growthref/who2007_weight_for_age/en/
97. Inserm (dir.). Carences nutritionnelles: Etiologies et dépistage. Rapport. Paris : Les éditions Inserm, 1999, XII- 333 p. - (Expertise collective).
98. Atimati A, Abiodun P, Ofovwe G. High prevalence of vitamin A deficiency in school age children in Benin. Annals of Biomedical Science. 2012;11(1):108-117.
99. The Partnership for Child Development. The health and nutritional status of schoolchildren in Africa : evidence from school-based health programmes in Ghana and Tanzania. Trans R Soc Trop Med Hyg. 1998;92:254-261.
100. Hall A, Bobrow E, Brooker S, Jukes M, Nokes K, Lambo J, et al. Anaemia in schoolchildren in eight countries in Africa and Asia. Public Health Nutr. 2001;4(3):749-56.
101. Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Partie I : Le rôle de l'enrichissement des aliments dans la lutte contre la malnutrition par carence en micronutriments. Dans : Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R., rédacteurs. Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments. 2011. p. 1 - 42.
102. Organisation Mondiale de la Santé (OMS), Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Partie IV : Mise en œuvre de programmes efficaces et durables d'enrichissement des aliments. Dans : Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R., rédacteurs. Directives sur l'enrichissement des aliments en micronutriments. 2011. p. 153 - 291.

103. Food and Agriculture Organization (FAO). Chap.8: La malnutrition et les carences en micronutriments [En ligne]. Dans: Département de l'agriculture. Agriculture, alimentation et nutrition en Afrique: un ouvrage de référence à l'usage des professeurs d'agriculture. [Cité le 19 juin 2015].
Disponible: <http://www.fao.org/docrep/008/w0078f/w0078f0h.htm#bm17>
104. World Food Programme (WFP). Micronutrient Fortification : WFP Experiences and Ways Forward. Poilcy Issues - Agenda item 5. Rome; 6 April 2004.
105. Pollitt E. Iron deficiency and cognitive function. *Annu Rev Nutr.* 1993;13:521-537.
106. Best C, Neufingerl N, van Geel L, van den Briel T, Osendarp S. The nutritional status of school-aged children: Why should we care? *Food Nutr Bull.* 2012;31(3):400-417.
107. Lwambo N, Brooker S, Siza J, Bundy D, Guyatt H. Age patterns in stunting and anaemia in African schoolchildren: a cross-sectional study in Tanzania. *Eur J Clin Nutr.* 2000;54(1):36-40.
108. Wamani H, Astrom AN, Peterson S, Tumwine JK, Tylleskar T. Boys are more stunted than girls in sub-Saharan Africa: a meta-analysis of 16 demographic and health surveys. *BMC Pediatr.* 2007;7:17.
109. Correia J, Pataky Z, Golay A. Comprendre l'obésité en Afrique : poids du développement et des représentations. *Rev Med Suisse.* 2014;10:712-716.
110. Verloigne M, Van Lippevelde W, Maes L, Yildirim M, Chinapaw M, Manios Y, et al. Levels of physical activity and sedentary time among 10- to 12-year-old boys and girls across 5 European countries using accelerometers: an observational study within the ENERGY-project. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012;9:34.
111. Taverno Ross SE, Byun W, Dowda M, McIver KL, Saunders RP, Pate RR. Sedentary behaviors in fifth-grade boys and girls: where, with whom, and why? *Child Obes.* 2013;9(6):532-9.
112. Thorsen D. Children working in commercial agriculture : Evidence from West and Central Africa. Briefing paper no.2. UNICEF; 2012.
113. Bredie JWB, Beeharry GK. School enrollment decline in Sub-Saharan Africa: Beyond the supply constraint. World Bank discussion paper no.395. Washington, D.C ;1998.
114. Popkin BM. Global nutrition dynamics: the world is shifting rapidly toward a diet linked with noncommunicable diseases. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:289-298.

115. MacIntyre UE, Krugerb HS, Venterb CS, Vorster HH. Dietary intakes of an African population in different stages of transition in the North West Province, South Africa: the THUSA study. *Nutr Res.* 2002;22:239-256.
116. Delisle H, Ntandou-Bouzitou G, Agueh V, Sodjinou R, Fayomi B. Urbanisation, nutrition transition and cardiometabolic risk: the Benin study. *Br J Nutr.* 2012;107(10):1534-44.
117. Sossa C, Delisle H, Agueh V, Makoutode M, Fayomi B. Four-Year Trends in Cardiometabolic Risk Factors according to Baseline Abdominal Obesity Status in West-African Adults: The Benin Study. *J Obes.* 2012.
118. Ntandou-Bouzitou G, Fayomi B, Delisle H. Malnutrition infantile et surpoids maternel dans des ménages urbains pauvres au Bénin. *Cahiers Santé.* 2005;15(4):263-270.
119. Moser DC, Giuliano Ide C, Titski AC, Gaya AR, Coelho-e-Silva MJ, Leite N. Anthropometric measures and blood pressure in school children. *J Pediatr (Rio J).* 2013;89(3):243-9.
120. Chiolero A, Madeleine G, Gabriel A, Burnier M, Paccaud F, Bovet P. Prevalence of elevated blood pressure and association with overweight in children of a rapidly developing country. *J Hum Hypertens.* 2007;21(2):120-7.
121. Sorof J, Daniels S. Obesity Hypertension in Children: A Problem of Epidemic Proportions. *Hypertension.* 2002;40(4):441-7.
122. Crush J, Frayne B, McLachlan M. Rapid Urbanization and the Nutrition Transition in Southern African. *Urban Food Security Series No.7.* Queen's University and AFSUN: Kingston and Capetown; 2011. 49 p.
123. United Nations (UN) Habitat. *Governance, Inequality and Urban Land Markets. The State of African Cities 2010.* Nairobi; 2010.
124. Freire ME, Lall S, Leipziger D. *Africa's Urbanization : Challenges and Opportunities.* Working paper no.7. Washington: The Growth Dialogue; 2014.
125. World Bank. *Repositioning nutrition as central to development : a strategy for large-scale action.* Directions in Development. Washington; 2006.
126. Fotso JC. Urban-rural differentials in child malnutrition: trends and socioeconomic correlates in sub-Saharan Africa. *Health Place.* 2007;13(1):205-23.

127. Afrique Verte International. Fiche documentaire : 2008, crise alimentaire ou effondrement du pouvoir d'achat? ; Juin 2008.
128. Aaron GJ, Dror DK, Yang Z. Multiple-Micronutrient Fortified Non-Dairy Beverage Interventions Reduce the Risk of Anemia and Iron Deficiency in School-Aged Children in Low-Middle Income Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*. 2015;7(5):3847-68.
129. Zagré NIM, Delisle H, Delpeuch F. L'huile de palme rouge au Burkina: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A. 2ème Atelier international : Voies alimentaires d'amélioration des situations nutritionnelles; 23-28 Novembre 2003; Ouagadougou 2003. p. 337 - 48.
130. Agridape. Revue sur l'agriculture durable à faibles apports externes. 2014;30(4).
131. Kothandan SK. School based interventions versus family based interventions in the treatment of childhood obesity- a systematic review. *Arch Public Health*. 2014;72(1):3.
132. Reynolds AJ, Temple JA, Ou S, Robertson DL, Mersky JP, Topitzes JW et al. Effects of a School-Based, Early Childhood Intervention on Adult Health and Well-being : A 19-Year Follow-up of Low-Income Families. *Arch Pediatr Adolesc Med*. 2007;161(8):730-9.
133. United Nations International Children's Emergency Fund (UNICEF). Statistical Tables. The State of the World's Children 2015: Reimagine the Future - Innovation for Every Child. New York; 2014. p. 27-118.
134. Burkina Faso, Ministère de la santé. Plan Stratégique Nutrition 2010-2015. 2010. 58 p.

Annexes

Annexe 1 : Formulaire d'auto-évaluation de l'IEAN

Formulaire d'autoévaluation de l'école INITIATIVE DES ÉCOLES AMIES DE LA NUTRITION Fiche école

1	Date (jour/mois/année)			Pays :		
2	Nom de l'école					
3	Année de création					
4	Adresse					
5	Nom du coordonnateur de l'auto-évaluation					
6	Son poste					
7	Ses coordonnées					
8	Type d'école	Publique	Privée	Mixte	Garçons	Filles
9	Niveau de l'école	Préscolaire	Primaire	Secondaire	Lycée	Autres
10	Localisation de l'école	Rurale	Semi-rurale	Semi-urbaine	Urbaine	Autres
11	Âge des enfants (intervalle)					
12	Effectif des élèves selon le sexe	Garçons		Filles		
13	Effectif total					
14	Nombre total de classes					
15	Nombre total d'enseignants					
16	Nombre moyen d'élèves par classe					
17	Superficie de la cour de récréation					
18	Superficie de la salle de récréation					
19	Y a-t-il une personne responsable de l'alimentation et de la nutrition ?	<u>Si oui</u> : donner les coordonnées de cette personne et son poste à l'école				
20	Votre école a-t-elle un programme de nutrition ou de promotion de la santé ?	Oui	<u>Si oui</u> : identifier le programme et l'année de mise en route			
		Non				
21	Votre école a-t-elle un comité de santé ?	Oui	Non	Nombre de membres :		
22	Votre école a-t-elle un comité de parents d'élèves ?	Oui	Non	Nombre de membres :		
Remarques :						

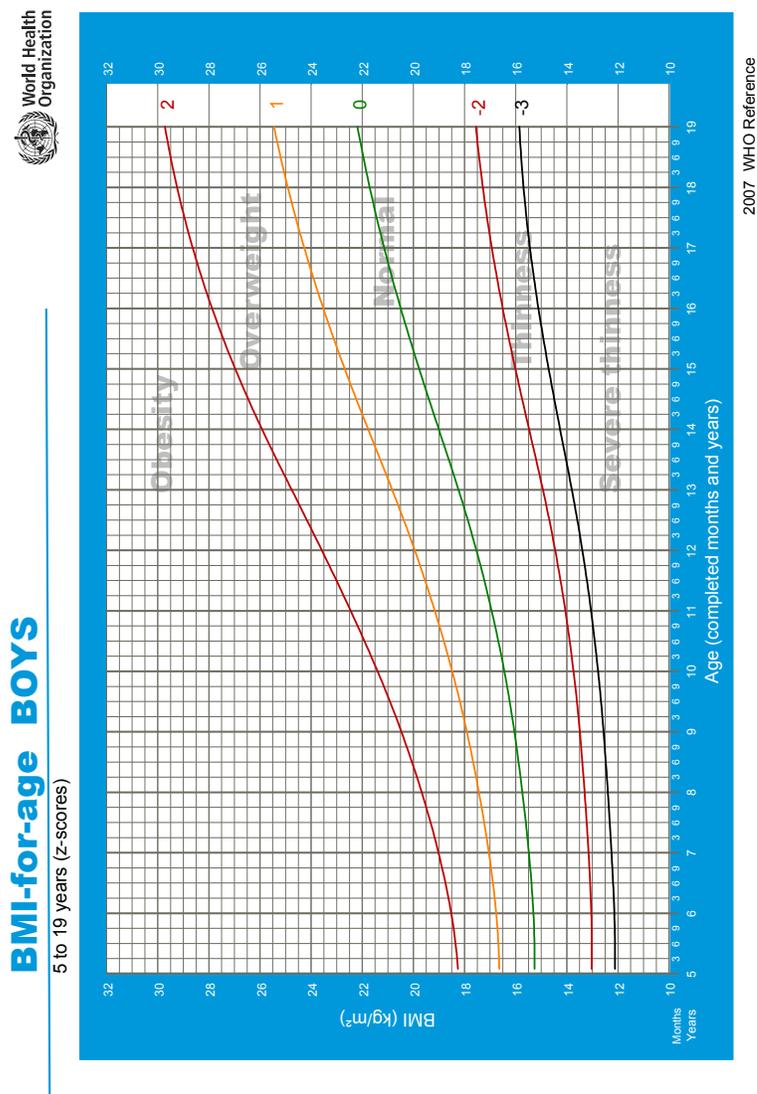
Questionnaire d'autoévaluation des écoles

Nom du coordonnateur de l'auto-évaluation

Date (jour/ mois/année)

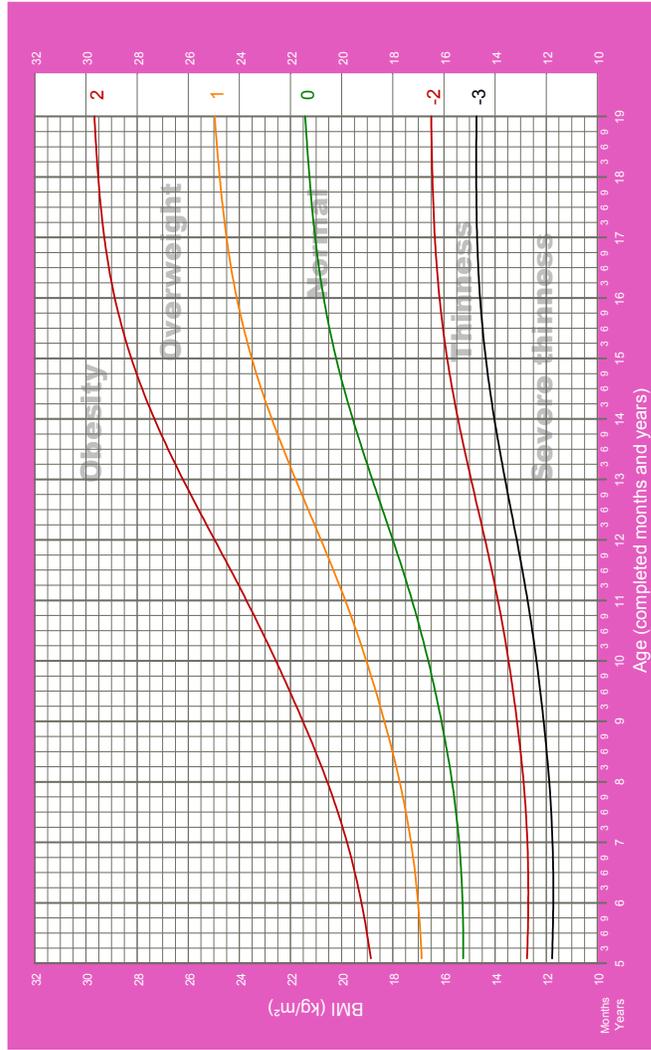
POINT 1 : Politique écrite pour une école amie de la nutrition (EAN)		Réponse		Si non, est – ce réalisable? Ou prévoit-on de le réaliser ?		Merci d'expliquer en détail
		Oui	Non	Oui	Non	
1.1	Votre école a-t-elle une politique qui comprend les 5 points de l'Initiative des écoles amies de la nutrition (EAN) ?					
	1.1a: Si oui , la politique est-elle écrite ?					
	1.1b: Si oui , a-t-elle été développée en consultant les enfants, les parents, le personnel de l'école et la communauté ?					
	1.1c: Si oui , a-t-elle été développée à partir d'informations collectées au cours d'une enquête de base menée par l'école ou par le conseil municipal ?					
1.2	Cette politique inclut-elle une justification claire centrée sur l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants (par exemple, la prévention de la malnutrition et des maladies chroniques liées à la nutrition ; la promotion de l'activité physique...) ?					
1.3	Définit-elle des objectifs précis avec un calendrier et des étapes réalistes (par exemple quoi, quand) ?					
1.4	Inclut-elle un plan d'action (c'est à dire, comment les objectifs seront atteints et qui sera impliqué dans leur réalisation) ?					
1.5	Inclut-elle un système de suivi et d'évaluation de la politique EAN ?					

Annexe 2 : Les courbes de croissance de l'OMS pour les enfants d'âge scolaire et les adolescents.



BMI-for-age GIRLS

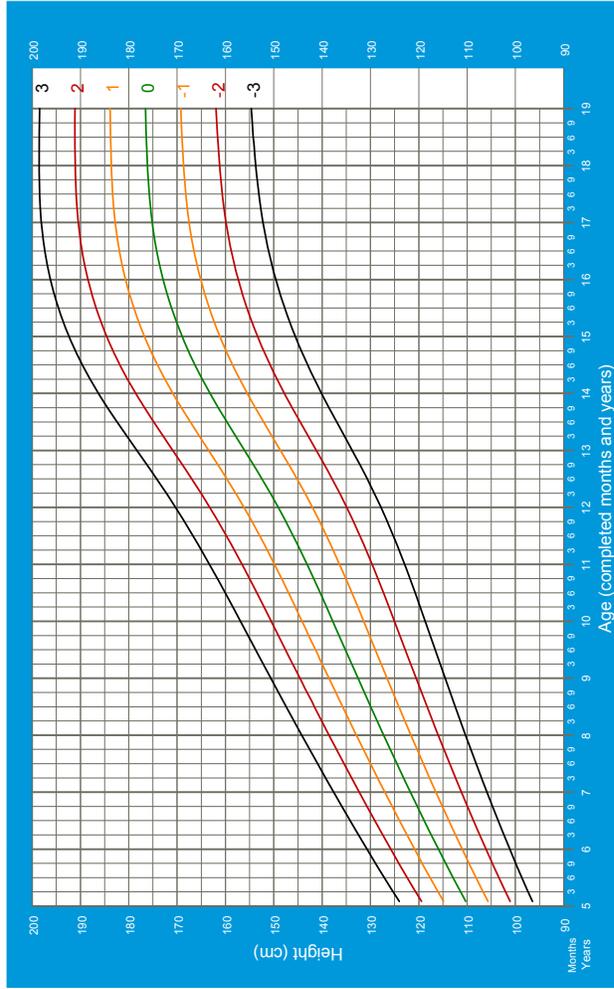
5 to 19 years (z-scores)



2007 WHO Reference

Height-for-age BOYS

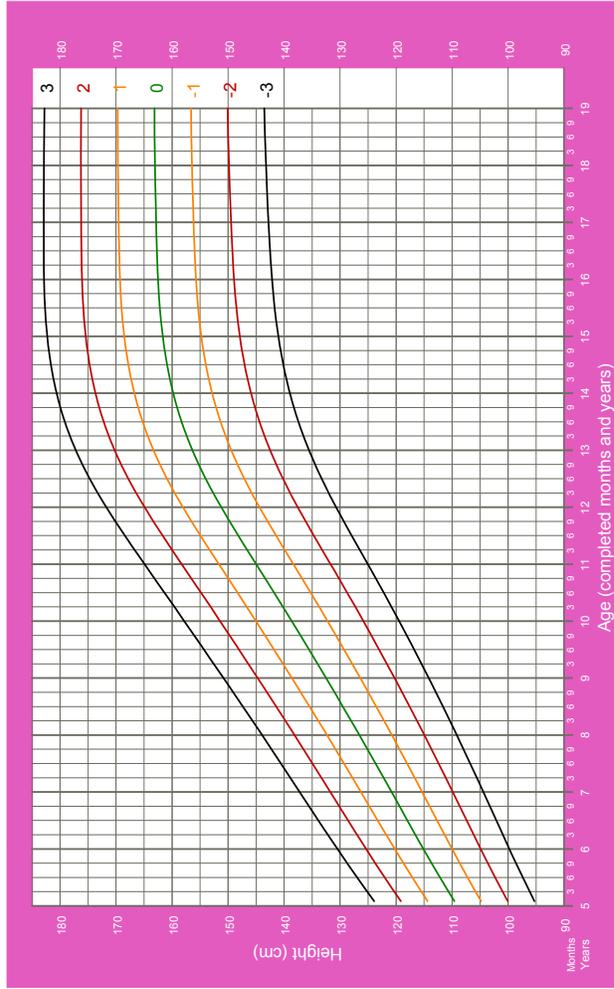
5 to 19 years (z-scores)



2007 WHO Reference

Height-for-age GIRLS

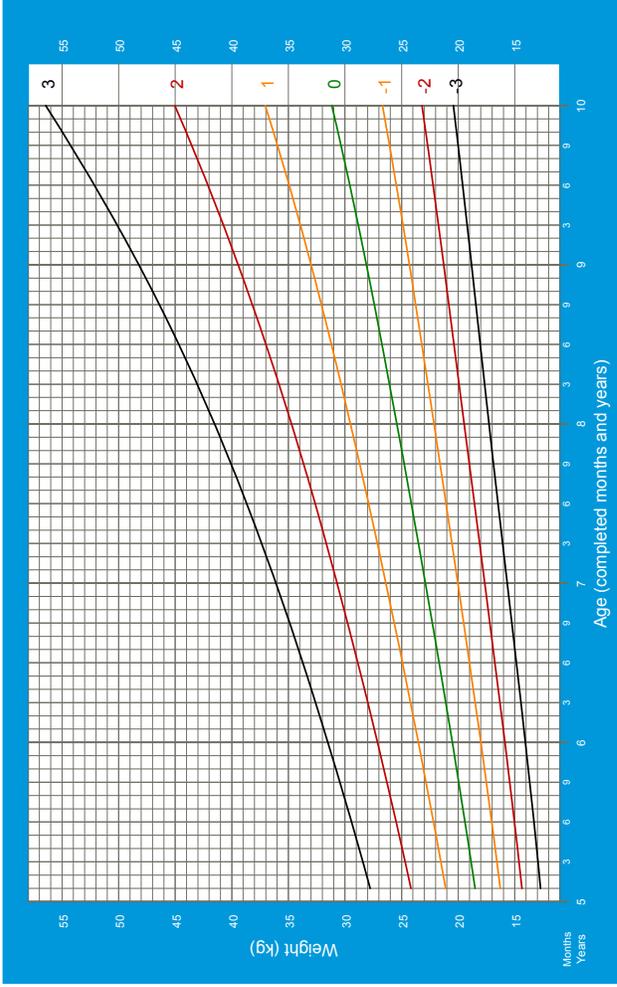
5 to 19 years (z-scores)



2007 WHO Reference

Weight-for-age BOYS

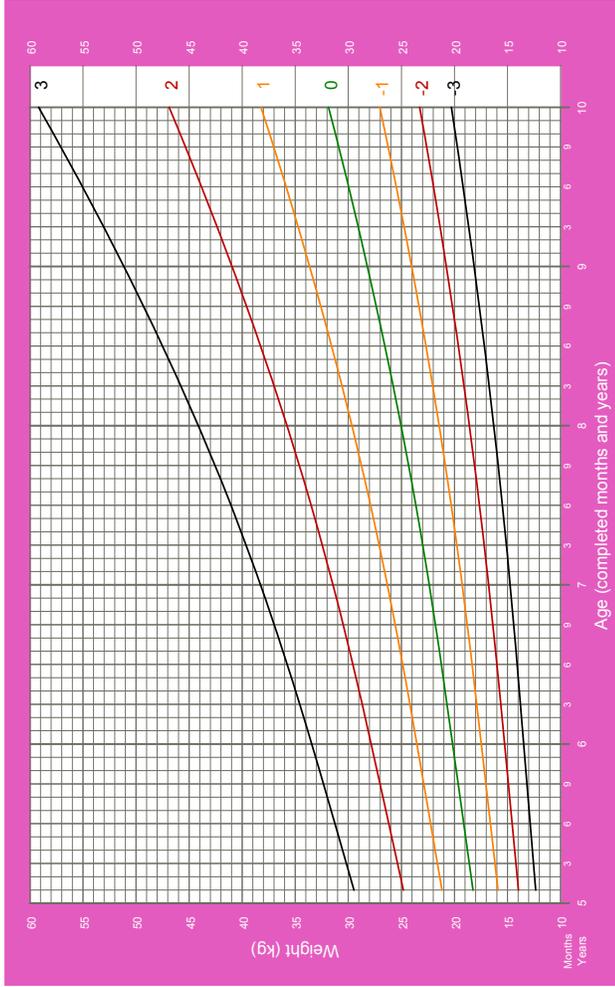
5 to 10 years (z-scores)



2007 WHO Reference

Weight-for-age GIRLS

5 to 10 years (z-scores)



2007 WHO Reference

Annexe 3 : Certificat d'approbation éthique - CERES



Comité d'éthique de la recherche en santé

14 mai 2015

Objet: Approbation éthique – « Étude d'impact: Analyse des données anthropométriques et biologiques chez les enfants d'âge scolaire au Burkina Faso »

Mme Christelle El khouri Edde,

Le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES) a étudié le projet de recherche susmentionné et a délivré le certificat d'éthique demandé suite à la satisfaction des exigences précédemment émises. Vous trouverez ci-joint une copie numérisée de votre certificat; copie également envoyée à votre directeur/directrice de recherche et à la technicienne en gestion de dossiers étudiants (TGDE) de votre département.

Notez qu'il y apparaît une mention relative à un suivi annuel et que le certificat comporte une date de fin de validité. En effet, afin de répondre aux exigences éthiques en vigueur au Canada et à l'Université de Montréal, nous devons exercer un suivi annuel auprès des chercheurs et étudiants-chercheurs.

De manière à rendre ce processus le plus simple possible et afin d'en tirer pour tous le plus grand profit, nous avons élaboré un court questionnaire qui vous permettra à la fois de satisfaire aux exigences du suivi et de nous faire part de vos commentaires et de vos besoins en matière d'éthique en cours de recherche. Ce questionnaire de suivi devra être rempli annuellement jusqu'à la fin du projet et pourra nous être retourné par courriel. La validité de l'approbation éthique est conditionnelle à ce suivi. Sur réception du dernier rapport de suivi en fin de projet, votre dossier sera clos.

Il est entendu que cela ne modifie en rien l'obligation pour le chercheur, tel qu'indiqué sur le certificat d'éthique, de signaler au CERES tout incident grave dès qu'il survient ou de lui faire part de tout changement anticipé au protocole de recherche.

Nous vous prions d'agréer, Madame, l'expression de nos sentiments les meilleurs,

Dominique Langelier, présidente
Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES)
Université de Montréal

DL/GP/gp
c.c. Gestion des certificats, BRDV
Malek Batal, professeur agrégé, Faculté de médecine - Département de nutrition
Jean-Pierre Lefebvre (nutrition)
p.j. Certificat #15-067-CERES-D

adresse postale
C.P. 6128, succ. Centre-ville
Montréal QC H3C 3J7

3744 Jean-Brillant
4e étage, bur. 430-11
Montréal QC H3T 1P1

Téléphone : 514-343-6111 poste 2604
ceres@umontreal.ca
www.ceres.umontreal.ca

Comité d'éthique de la recherche en santé

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

Le Comité d'éthique de la recherche en santé (CERES), selon les procédures en vigueur, en vertu des documents qui lui ont été fournis, a examiné le projet de recherche suivant et conclu qu'il respecte les règles d'éthique énoncées dans la Politique sur la recherche avec des êtres humains de l'Université de Montréal.

Projet	
Titre du projet	Étude d'impact: Analyse des données anthropométriques et biologiques chez les enfants d'âge scolaire au Burkina Faso
Étudiante requérante	Christelle El khouri Edde (ND), Candidate à la M. Sc en nutrition, Faculté de médecine - Département de nutrition
Sous la direction de	Malek Batal, professeur agrégé, Faculté de médecine - Département de nutrition, Université de Montréal
Financement	
Organisme	Non financé
Programme	
Titre de l'octroi si différent	
Numéro d'octroi	
Chercheur principal	
No de compte	

MODALITÉS D'APPLICATION

Tout changement anticipé au protocole de recherche doit être communiqué au CERES qui en évaluera l'impact au chapitre de l'éthique.

Toute interruption prématurée du projet ou tout incident grave doit être immédiatement signalé au CERES

Selon les règles universitaires en vigueur, un suivi annuel est minimalement exigé pour maintenir la validité de la présente approbation éthique, et ce, jusqu'à la fin du projet. Le questionnaire de suivi est disponible sur la page web du CERES.

Dominique Langelier, présidente
Comité d'éthique de la recherche en santé
Université de Montréal

14 mai 2015
Date de délivrance

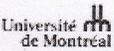
1er juin 2016
Date de fin de validité

adresse postale
C.P. 6128, succ. Centre-ville
Montréal QC H3C 3J7

3744 Jean-Brillant
4e étage, bur. 430-11
Montréal QC H3T 1P1

Téléphone : 514-343-6111 poste 2604
ceres@umontreal.ca
www.ceres.umontreal.ca

Annexe 4 : Formulaire d'accord des co-auteurs


 Université de Montréal Faculté des études supérieures et postdoctorales

**ACCORD DES COAUTEURS D'UN ARTICLE
INCLUS DANS UN MÉMOIRE DE MAÎTRISE OU UNE THÈSE DE DOCTORAT**

Lorsqu'un étudiant n'est pas le seul auteur d'un article qu'il veut inclure dans son mémoire ou dans sa thèse, il doit obtenir l'accord de tous les coauteurs. De plus, le nom de tous les coauteurs doit apparaître dans le manuscrit pour chacun des articles. Enfin, une déclaration distincte doit être complétée et ce, également pour chacun des articles inclus dans le mémoire ou la thèse.

Pour toute information complémentaire, consultez le *Guide de présentation et d'évaluation des mémoires de maîtrise et des thèses de doctorat* dans la section *LE CHEMINEMENT ET L'ENCADREMENT* du site www.fesp.umontreal.ca.

1. Identification

Nom ELKHOURI EDDE	Prénom CHRISTELLE	Matricule p 1 0 5 1 8 2 2
Grade MAITRISE (M.Sc)	Programme NUTRITION	

2. Description de l'article

Auteurs
Christelle ELKHOURI EDDE, Hélène DELISLE, Charles DABONE, Zeina KHACHAB, Malek BATAL

Titre
Impact of Nutrition-Friendly School Initiative : A comparative analysis of anthropometric and laboratory data among school-age children in Ouagadougou : a cross-sectional study

État actuel de l'article publié soumis pour publication en préparation

Revue / journal *
NUTRITION JOURNAL

* Si l'article est en phase finale de préparation ou a été soumis pour publication, veuillez fournir tous les détails disponibles.

3. Déclaration de tous les coauteurs autres que l'étudiant

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, j'autorise : CHRISTELLE EL KHOURI EDDE
à inclure cet article dans son mémoire de maîtrise sa thèse de doctorat
qui a pour titre _____

Hélène DELISLE Coauteur	Signature	Date 18/6/15
Charles DABONE Coauteur	Signature	Date 23/06/15
Zeina KHACHAB Coauteur	Signature	Date 18/06/15
Malek BATAL Coauteur	Signature	Date 18/06/15

FESP / formulaire accord des coauteurs mémoire ou thèse postdoctorales / août 2012

