



LABASAN

*Laboratoire de Biochimie
Appliquée aux Sciences de
l'Alimentation et à la
Nutrition*

UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE FONDAMENTALE ET APPLIQUEE
Thèse de Doctorat en Sciences de la vie Option : Biochimie appliquée aux Sciences de
l'Alimentation et à la Nutrition

ETUDE DE L'ADEQUATION ET DE L'IMPACT D'UNE COLLATION
FORTIFIEE UTILISEE DANS LE CADRE D'UN PROGRAMME
D'ALIMENTATION SCOLAIRE DANS LES ECOLES PRIMAIRES
PUBLIQUES D'ANTANANARIVO

Présentée par :

RAMAHERISOA Menjaharimisa

Titulaire du DEA de Biochimie appliquée aux Sciences
de l'Alimentation et de la Nutrition

Soutenue publiquement le 15 septembre 2010 devant les membres de jury :

Président de jury : Professeur Victor JEANNODA
Directeur de thèse : Professeur Charlotte RALISON
Co-directeur de thèse : Docteur Serge TRECHE
Examineur : Professeur Abel ANDRIATSIMAHAVANDY
Rapporteur interne : Professeur Laurence RALAMBORANTO
Rapporteur externe : Professeur Andry RASAMINDRAKOTROKA



AVANT-PROPOS

Ce travail a été réalisé au sein du programme NUTRIMAD (Nutrition à Madagascar) dans le cadre d'un Programme d'Alimentation Scolaire et au sein de l'UR 106 « Nutrition, Alimentation, Sociétés » (devenue en 2009 UMR 204 « *Prévention des malnutritions et des pathologies associées*») au centre de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Montpellier (France) en collaboration avec le Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN) du Département de Biochimie de l'Université d'Antananarivo, sous la direction de:

- Pr. Charlotte RALISON : Professeur Titulaire, Responsable du LABASAN (Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar) ;
- Dr. Serge TRECHE : Directeur de Recherche IRD, Responsable du programme Nutrimad dans le cadre de l'UR106, puis de l'UMR 204 de l'IRD.

Le travail a été soutenu financièrement et matériellement par la Région Ile-de-France et l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF), auxquels nous exprimons ici notre profonde reconnaissance.

DEDICACE

Je dédie cette thèse

A Dieu tout Puissant, d'avoir été mon guide pendant toutes ces années.

A mes parents : pour le soutien et l'amour qu'ils m'ont témoigné tout au long de mes très longues années d'études. J'espère que ma mère trouvera dans ce travail le couronnement de toutes ses années d'efforts et de sacrifices et que mon père, là où il est, serait fier de moi, tant il a attendu ce moment.

A mon mari : d'avoir été mon support et d'avoir su m'écouter pendant les moments difficiles de la thèse. Puisse ce travail servir de modèle pour nos enfants.

REMERCIEMENTS

Cette thèse a été réalisée dans le cadre du Programme Nutrimad, mené en partenariat entre le Gret, l'IRD et le LABASAN. Elle a bénéficié de l'appui i) matériel du GRET ii) financier de l'Agence Universitaire de la Francophonie qui m'a accordé une allocation de recherche et pris en charge trois séjours de trois mois à l'UMR 204 Nutripass, anciennement UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» de l'IRD, Montpellier, France. Puisse le présent document servir de témoignage de ma reconnaissance.

Cette thèse est le fruit des efforts conjugués de nombreuses personnes. Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude

A nos encadreurs :

- Madame le Professeur RALISON Charlotte, Chef du LABASAN, pour l'opportunité qui nous a été offerte à travers le partenariat entre le LABASAN, l'IRD et le GRET pour réaliser nos travaux de recherche dans les meilleures conditions. Par ailleurs, nous avons apprécié ses enseignements et sa disponibilité constante à nous assister et à nous orienter dans notre carrière scientifique débutante.

- Monsieur le Docteur Serge TRECHE, Directeur de recherche à l'IRD, pour m'avoir confié ce sujet pertinent, initié aux exigences de rigueur spécifiques à la recherche, pour sa disponibilité, son soutien inconditionnel, son engouement et la grande qualité de l'encadrement dont il a su me faire bénéficier et qui m'a permis d'améliorer mes aptitudes professionnelles dans le domaine de la Nutrition.

Au Représentant du GRET à Madagascar, Monsieur Luc Arnaud, de m'avoir permis de travailler au sein du Programme Nutrimad et pour les précieux conseils qu'il m'a prodigués pour mener à bien ce sujet.

Aux membres du Jury :

Monsieur le Professeur JEANNODA Victor, Responsable de la formation doctorale de la Faculté des Sciences, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de cette thèse malgré ses responsabilités.

- Madame le Professeur Ralamboranto Laurence, Rapporteur interne, et

- Monsieur le Professeur Rasamindrakotroka Andry, Rapporteur externe,

qui ont bien voulu porter un intérêt et consacrer une partie de leur précieux temps pour apporter leurs compétences respectives dans ce travail.

- Monsieur le Professeur Andriatsimahavandy Abel, Président de l'Université d'Antananarivo, d'avoir aimablement accepté d'examiner mon travail et faire partie du jury malgré ses lourdes occupations.

Mes vifs remerciements s'adressent particulièrement

- A Arnaud Laillou, Christiane, Miejavola, Valérie, Odette, Ony, Arthur, Rija et tous les autres pour leur soutien moral, leurs encouragements et la bonne ambiance.

- A Mme Christèle Icard-Vernière, Ingénieur de recherche à l'IRD, pour ses conseils si précieux et très enrichissants lors de mes séjours à Montpellier.

- A Isabelle Rochette et Chistian Picq pour leur aide inestimable dans les différents dosages effectués à l'UMR 204. Merci à tout le personnel du centre pour leur gentillesse et leur encouragement.

- Aux directeurs d'écoles, aux instituteurs, aux élèves et à leurs parents qui ont participé aux différentes études réalisées dans le cadre de la présente thèse, pour leur disponibilité. J'espère que les résultats serviront de catalyseurs à des actions qui contribueront à améliorer l'état nutritionnel des enfants et leurs performances scolaires.

- A tout ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette thèse.

LISTE DES PUBLICATIONS ET DES COMMUNICATIONS

Articles

Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad school feeding program: impact on failure rate and nutritional status of schoolchildren in Madagascar. *Sight and Life Newsletter* 2006, N°2: 4-9.

Ramaherisoa M, Ralison C, Trèche S. Efficacité de la distribution d'une collation fortifiée pour réduire les déficits nutritionnels de l'alimentation des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. (*Article à paraître dans le Bulletin de l'Académie Malgache*). Lien d'information : Bulletin d'Information de l'Académie, N°64 ; Avril-Juillet 2008 [ISSN 1728-5429].

Ramaherisoa M, Rabeloson V, Ralison C, Trèche S. Effets de la stratégie PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. (*Article à paraître dans les Actes du Forum de la Recherche «Recherche Valorisée : Enjeux de Développement Régional», Antsiranana, 3-5 décembre 2008*).

Ramaherisoa M, Ralison C, Trèche S. Diagnostic et facteurs déterminants de l'état nutritionnel des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. (*Article soumis le 10 mai 2009 à la revue électronique e-Santé*).

Bruyeron O, Ralison C, Ramaherisoa M, Trèche S. Nutrient dense porridges to control nutritional deficiencies in schoolchildren: a study in underprivileged districts of Antananarivo. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 2009, 55(suppl 1): 432 (**abstract**)

Communications et Posters

Communications

Ramaherisoa M, Ralison C, Trèche S. Qualité nutritionnelle et effets de la consommation de Koba Tsinjo, utilisée dans le cadre du Programme d'Alimentation Scolaire Nutrimad. (*Communication orale présentée lors de la journée des thèses francophones et franco-malgaches organisée par l'IRD Antananarivo, Antananarivo, 14 décembre 2007*).

Ramaherisoa M, Ralison C, Trèche S. Efficacité de la distribution d'une collation fortifiée pour réduire les déficits nutritionnels de l'alimentation des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. (*Communication orale présentée lors de la séance de la section des Sciences Fondamentales et des Sciences Appliquées de l'Académie Malgache, Antananarivo, 19 juin 2008*).

Posters

Ramaherisoa M, Rabeloson V, Ralison C, Trèche S. Effets de la stratégie PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. *Forum de la Recherche «Recherche Valorisée : Enjeux de Développement Régional», Antsiranana, 3-5 décembre 2008*.

Ramaherisoa M, Bruyeron O, Ralison C, Trèche S. Nutrient dense porridges to control nutritional deficiencies in school children: a study in underprivileged districts of Antananarivo. "*International Congress of Nutrition*". 4-9 octobre 2009, Bangkok, Thaïlande.

LISTE DES ABREVIATIONS

- AFNOR** : Agence Française de NORmalisation
- AJR** : Apports Journaliers Recommandés
- AJR**: Apports Journaliers Recommandés
- AOAC** : Association of Official Analytical Chemists
- CEPE** : Certificat d'Etudes Primaires Elémentaires
- CISCO** : Circonscription Scolaire
- CRESED** : Crédit de Renforcement du Système EDucatif
- CUA** : Commune Urbaine d'Antananarivo
- EPP** : Ecole Primaire Publique
- ET**: Ecart-type
- FAO** : Food and Agricultural Organisation
- GRET** : Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques
- IRD** : Institut de Recherche pour le Développement
- LABASAN** : Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition
- MENRS** : Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique
- MINSANPF** : Ministère de la Santé et du Planning Familial
- NCHS** : National Center for Health Statistics
- OMS**: Organisation Mondiale de la Santé
- ONG** : Organisation Non Gouvernementale
- ONN** : Office National de la Nutrition
- PAM** : Programme Alimentaire Mondial
- PAS** : Programme d'Alimentation Scolaire
- PNANSS** : Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire
- RDA**: Recommended Daily Allowance
- UNICEF** : United Nations Children's Fund
- UR**: Unité de Recherche
- USAID** : United States Agency for International Development
- BAN**: Bacterial Amylase Novo
- EPM**: Enquête Prioritaire auprès des Ménages
- MEN**: Ministère de l'Education Nationale

GLOSSAIRE

<i>Fokontany</i>	Quartier
<i>Koba Tsinjo</i>	Mot qui désigne aussi bien la farine que la bouillie obtenue à partir de la cuisson de la farine « Tsinjo »
<i>Makasaoka, Menakely, Mofo bol</i>	Beignets à base de farine de blé, de sucre
<i>Mofo akondro</i>	Beignets à base de banane et de farine de blé
<i>Mofo gasy et mokary</i>	Galette sucrée à base de farine de riz, cuit à l'aide d'un moule enduit d'huile. La pâte (farine, sucre, eau) est préparée la veille et laissée fermenter pendant une nuit
<i>Ramanonaka</i>	Galette salée, ayant le même mode préparation que le <i>mofo gasy</i> mais plus riche en huile
<i>Ravitoto</i>	Feuilles de manioc pilées
<i>Vary amin'anana</i>	Semblable au <i>Vary sosoa</i> avec ajout d'ingrédients (différents brèdes...)
<i>Vary apango</i>	Couche de riz brûlé collé au fond de la marmite lorsqu'on enlève le <i>vary maina</i> . Il est obtenu par addition d'une grande quantité d'eau et sa cuisson jusqu'à ébullition. Le riz s'enlève facilement du fond de la casserole
<i>Vary maina</i>	Riz cuit avec assez d'eau pour être sec à la fin de la cuisson, de consistance ferme
<i>Vary sosoa</i>	Riz cuit dans un excès d'eau, de consistance plus fluide et plus molle que le <i>vary maina</i>

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
PARTIE I	
Tableau I/1	Evolution du taux de réussite au CEPE de 2004 à 2008 5
Tableau I/2	Apports recommandés en énergie et en protéines des enfants de 6 à 14 ans 6
Tableau I/3	Besoins journaliers recommandés en minéraux des enfants de 6 à 14 ans 7
Tableaux I/4a-b	Besoins journaliers recommandés en vitamines des enfants de 6 à 14 ans 8
PARTIE II	
Chapitre 1	
Tableau II/1-1	Comparaison de quelques caractéristiques des 23 écoles du PAS-Nutrimad à celles des autres écoles de la CUA 23
Tableau II/1-2	Equipements et matériels existant au sein des 23 écoles du PAS-Nutrimad (<i>nombre et pourcentage d'écoles possédant l'équipement considéré</i>) 24
Tableau II/1-3	Infrastructures existantes dans les quartiers des 23 écoles (<i>nombre et pourcentage de quartiers possédant l'infrastructure citée</i>) 24
Tableau II/1-4	Caractéristiques des instituteurs des 23 écoles concernées par le PAS-Nutrimad 25
Tableau II/1-5	Caractéristiques socio-économiques des familles des enfants des 23 écoles 26
Chapitre 2	
Tableau II/2-1	Comparaison de quelques caractéristiques des 23 écoles pris en compte dans l'étude à celles des autres écoles primaires publiques (EPP) de la communauté urbaine d'Antananarivo 31
Tableau II/2-2	Prévalences de malnutrition chez les élèves des 23 écoles en fonction des caractéristiques de l'enfant (<i>sexe, niveau scolaire, retard scolaire</i>), des caractéristiques de la famille (<i>niveau d'éducation des parents, biens possédés par la famille, nombre d'enfants dans la famille</i>) et des caractéristiques du quartier 37
Tableau II/2-3	Identification des facteurs qui influent, avant et après ajustement, sur les Z-scores Taille-pour-âge, Poids-pour-âge et Poids-pour-taille des élèves des 23 écoles 38
Tableau II/2-4	Valeurs brutes et ajustées des Z-scores des élèves des 23 écoles en fonction de l'âge, du sexe et du retard scolaire de l'enfant 39
Tableau II/2-5	Valeurs brutes et ajustées des Z-scores des élèves des 23 écoles en fonction des caractéristiques de la famille et du quartier de l'école. 40
PARTIE III	
Chapitre 1	
Tableau III/1-1	Teneurs en nutriments et en facteurs anti-nutritionnels de la farine fortifiée 53

Tableau III/1-2	Comparaison des différentes fractions de l'amidon des bouillies préparées à partir d'un mélange maïs/arachide/sucre (B1) et de la farine fortifiée complète (B2)	55
Tableau III/1-3	Digestibilité <i>in vitro</i> du fer et du zinc dans la farine fortifiée et la bouillie.	56
Tableau III/1-4	Teneurs en fer récupéré après minéralisation en fonction de l'origine et de la forme chimique incorporée (moyenne±ET).	56
Tableau III/1-5	Influence du pH sur les teneurs en fer récupéré	57
Tableau III/1-6	Teneurs en fer récupéré dans la farine de maïs/arachide/sucre fortifiée avec du fumarate de fer (<i>Sigma</i>) et du sulfate de fer (<i>Fortitech</i>)	57
Tableau III/1-7	Comparaison des teneurs en fer et en zinc digestibles dans la farine fortifiée après application des différents traitements	58
Chapitre 2		
Tableau III/2-1	Quantités d'ingrédients utilisés et durées de préparation des bouillies en fonction de l'école et de la semaine d'observation (<i>observations réalisées au cours de 75 préparations dans 5 écoles pendant 5 semaines</i>)	65
Tableau III/2-2	Teneur en MS et vitesse d'écoulement des bouillies en fonction de l'école, de la semaine d'observation et de la période d'observation (<i>mesures réalisées au cours de 150 préparations dans 5 écoles pendant 5 semaines soit le matin soit l'après-midi</i>)	66
Tableau III/2-3	Vitesse d'écoulement réelle des bouillies préparées dans les écoles en fonction des vitesses d'écoulement souhaité	69
Tableau III/2-4	Appréciations moyennes données aux bouillies par les élèves en fonction de leur consistance réelle	70
Tableau III/2-5	Niveau d'ingérés des enfants pendant les 5 jours d'observation	71
PARTIE IV		
Chapitre 1		
Tableau IV/1-1	Comparaison des fréquences journalières et du nombre de prises alimentaires par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	79
Tableau IV/1-2a	Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources d'énergie par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	84
Tableau IV/1-2b	Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources de protéines animales par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	85
Tableau IV/1-2c	Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources de protéines animales et aliments végétaux sources de vitamines et minéraux par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	86
Tableau IV/1-3	Comparaison des fréquences journalières et du nombre des différentes prises alimentaires par les élèves la veille de l'enquête en 2005-2006	87

Tableau IV/1-4a	Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources d'énergie par les enfants des ET ($n=2201$) et EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	92
Tableau IV/1-4b	Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources de protéines animales par les enfants des ET ($n=2201$) et EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	93
Tableau IV/1-4c	Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments végétaux sources de vitamines et minéraux par les enfants des ET ($n=2201$) et EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	94
Chapitre 2		
Tableau IV/2-1	Comparaison des caractéristiques des enfants, de leurs familles et de leurs modalités de scolarisation selon qu'ils ont consommé ou non la collation PAS la veille de l'enquête (<i>répartition en % des enfants des deux groupes selon les modalités définies pour les différentes variables</i>)	102
Tableau IV/2-2	Niveau de signification des effets des facteurs liés aux enfants et à leur famille et aux modalités de scolarisation sur les ingérés en énergie et en nutriments à partir de l'alimentation familiale	104
Tableau IV/2-3	Influence du sexe et de l'âge des enfants, du niveau économique de leur famille, de la quantité d'argent de poche qui leur est donnée et de leur niveau scolaire sur leurs ingérés à partir de l'alimentation familiale	105
Tableau IV/2-4	Ingérés moyens en énergie et en nutriments des enfants ayant consommé ou non la collation la veille de l'enquête (<i>moyennes brutes \pm ET et moyennes ajustées en tenant compte des facteurs de confusion susceptibles d'affecter la comparabilité des deux groupes</i>)	107
PARTIE V		
Chapitre 1		
Tableau V/1-1	Nombre moyen et valeur médiane de rations consommées pendant la durée de l'intervention et niveau de consommation des enfants en fonction des caractéristiques liées à l'enfant (<i>sexe, âge, niveau scolaire, retard scolaire</i>), à la famille (<i>niveau d'éducation, niveau socio-économique, taille de la fratrie</i>) et au caractère plus ou moins résidentiel du quartier	120
Tableau V/1-2	Taux moyen et valeur médiane de fréquentation scolaire des enfants en fonction de certaines de leurs caractéristiques, de celles de leurs familles, de leur environnement scolaire et de leur niveau de consommation	122
Tableau V/1-3	Identification des facteurs influant sur les valeurs du Z-score taille-pour-âge et du Z-score poids-pour-âge des enfants en fin de période d'intervention	126
Tableau V/1-4	Effets du niveau de consommation des collations sur les valeurs brutes des Z-scores taille-pour-âge et poids-pour-âge en début et en fin d'intervention et sur leurs valeurs ajustées en fin d'intervention	126
Chapitre 2		
Tableau V/2-1	Identification des facteurs qui influent sur les notes moyennes de fin d'année (brutes ou ajustées) des élèves de CP1 à CM1	135

Tableau V/2-2	Influence de certaines caractéristiques liées à l'enfant, à sa famille et à son environnement scolaire sur le pourcentage d'élèves de CP1 à CM1 ayant obtenus aux examens de fin d'année une note moyenne supérieure ou égale à 5/10 et sur le pourcentage de réussite au CEPE des élèves de CM2	138
---------------	--	-----

Chapitre 3

Tableau V/3-1	Evolution des Z-scores (<i>moyenne ± écart-type</i>) des élèves en fonction du groupe d'écoles et du niveau de consommation de la collation	148
Tableau V/3-2	Comparaison des valeurs des Z-scores (<i>moyennes ± erreur-type</i>) entre les deux groupes d'écoles et en fonction du niveau de consommation de la collation après ajustement tenant compte de caractéristiques liées à l'enfant, à sa famille et à son environnement scolaire ainsi que de son état nutritionnel en début d'année	149
Tableau V/3-3	Identification des facteurs en relation avec les performances scolaires	152

LISTE DES FIGURES

		Pages
PARTIE I		
Figure I/1	Structure de l'amylose et de l'amylopectine	17
PARTIE II		
Chapitre 2		
Figure II/2-1	Prévalences de retard de croissance chez les élèves des 23 écoles en fonction de l'âge	34
Figure II/2-2	Prévalences de maigreur (<i>seulement pour les enfants de moins de 10 ans</i>) chez les élèves des 23 écoles en fonction de l'âge	35
Figure II/2-3	Prévalences d'insuffisance pondérale chez les élèves des 23 écoles en fonction de l'âge	35
Figure II/2-4	Pourcentage d'élèves des 23 écoles ayant un indice de masse corporelle inférieur au 5 ^{ème} percentile et au 3 ^{ème} percentile) en fonction de l'âge	36
Figure II/2-5	Comparaison, pour les différents niveaux scolaires, des pourcentages d'enfants en retard scolaire selon qu'ils sont ou non en retard de croissance	41
Figure II/2-6	Comparaison, pour les différentes classes d'âge, des moyennes ajustées des Z-score Taille-pour-âge en fonction de la gravité du retard scolaire des élèves	42
PARTIE III		
Chapitre 1		
Figure III/1-1	Comparaison des coefficients de DIV du fer et du zinc obtenus après application des différents traitements	58
Chapitre 2		
Figure III/2-1	Répartition des teneurs en MS des 150 bouillies préparées au niveau des écoles	66
Figure III/2-2	Répartition des vitesses d'écoulement des bouillies préparées au niveau des écoles	67
Figure III/2-3	Variation de la vitesse d'écoulement des bouillies en fonction du taux d'incorporation de la BAN 800MG	68
Figure III/2-4	Appréciations données par les enfants à la consistance des bouillies en fonction de leur vitesse réelle d'écoulement	69
Figure III/2-5	Répartition (en %) des 2573 enfants observés en fonction du nombre de bouillies consommées pendant les 5 jours d'observation	71
Figure III/2-6	Effet de l'âge des enfants sur le pourcentage d'entre eux n'ayant pas terminé toutes les bouillies qui leur ont été servies	72
Figure III/2-7	Effet du niveau scolaire sur le pourcentage d'enfants n'ayant pas terminé toutes les bouillies qui leur ont été servies	72

PARTIE IV

Chapitre 1

Figure IV/1-1	Comparaison (<i>Test t de Chi 2</i>) des fréquences de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	81
Figure IV/1-2	Comparaison (<i>Test t de Chi 2</i>) des fréquences de consommation d'aliments amylacés, d'aliments d'origine animale et de fruits et légumes au cours des repas principaux par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	82
Figure IV/1-3	Comparaison (<i>Test t de Chi 2</i>) des fréquences de consommation des aliments consommés au cours des goûters par les enfants à T ₀ (n=2061) et T ₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	83
Figure IV/1-4	Comparaison (<i>Test t de Chi 2</i>) des fréquences de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux par les enfants des ET (n=2201) et des EI (n=1890) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	89
Figure IV/1-5	Comparaison (<i>Test t de Chi 2</i>) des fréquences de consommation d'aliments amylacés, d'aliments d'origine animale et de fruits et légumes au cours des repas principaux par les enfants des ET (n=2201) et des EI (n=1890) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	90
Figure IV/1-6	Comparaison (<i>Test t de Chi 2</i>) des fréquences de consommation des aliments consommés au cours des goûters par les enfants des ET (n=2201) et des EI (n=1890) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête	91

Chapitre 2

Figure IV/2-1	Comparaison des niveaux moyens de couverture des apports journaliers recommandés des enfants selon qu'ils ont consommé (G2) ou non (G1) la collation la veille de l'enquête	108
Figure IV/2-2	Répartition (%) des enfants ayant consommé (G2) ou non (G1) la collation la veille de l'enquête selon leur niveau de couverture (<60%, 60-80%, 80-100% et >100%) des AJR	109

PARTIE V

Chapitre 1

Figure V/1-1	Effets du niveau de consommation des élèves sur leur croissance en taille sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement sur différents facteurs de confusion.	123
Figure V/1-2	Effets du niveau de consommation sur la prise de poids des enfants sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement sur différents facteurs de confusion.	124
Figure V/1-3	Comparaison des prévalences de retard de croissance des élèves dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (<i>couleur sombre</i>) et en fin (<i>couleur claire</i>) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies	127

Figure V/1-4	Comparaison des prévalences de maigreur des élèves (<10 ans) dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (<i>couleur sombre</i>) et en fin (<i>couleur claire</i>) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.	127
Figure V/1-5	Comparaison des prévalences d'insuffisance pondérale des élèves dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (<i>couleur sombre</i>) et en fin (<i>couleur claire</i>) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.	128
Figure V/1-6	Comparaison des prévalences d'indice de masse corporelle pour l'âge inférieure au 5 ^{ème} percentile dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (<i>couleur sombre</i>) et en fin (<i>couleur claire</i>) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.	128
Chapitre 2		
Figure V/2-1	Effets du sexe, de l'absentéisme de l'élève, de son retard scolaire, du niveau d'éducation des parents, du niveau économique de la famille et du niveau de consommation de la collation sur la moyenne générale des élèves de CP1 à CM1	137
Chapitre 3		
Figure V/3-1	Comparaison de la croissance en taille des élèves sur une période de 6 mois dans les écoles témoins et les écoles d'intervention, avec ou sans ajustement	144
Figure V/3-2	Effets du niveau de consommation des élèves sur leur croissance en taille sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement	144
Figure V/3-3	Comparaison de la prise de poids des élèves sur une période de 6 mois dans les écoles témoins et les écoles d'intervention, avec ou sans ajustement	146
Figure V/3-4	Effets du niveau de consommation des élèves sur leur prise de poids sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement	147
Figure V/3-5	Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences de retard de croissance parmi les élèves des écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation	150
Figure V/3-6	Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences de maigreur parmi les élèves des écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation	150
Figure V/3-7	Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences d'insuffisance pondérale parmi les élèves des écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation	151
Figure V/3-8	Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire du pourcentage d'élèves ayant un IMC pour l'âge inférieur au 5 ^{ème} percentile de la population de référence dans les écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation	151

Figure V/3-9

Comparaison des médianes des notes moyennes et des valeurs moyennes ajustées sur les facteurs de confusion entre les écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation

152

LISTE DES ANNEXES

PARTIE I

- Annexe 1 Mode de préparation de la collation fortifiée Nutrimad au niveau des écoles
- Annexe 2 Structure du coût de la collation fortifiée distribuée dans le cadre du PAS-Nutrimad

PARTIE II

Chapitre 1

- Annexe 3 Localisation des 23 écoles primaires publiques dans les différents arrondissements de la commune urbaine d'Antananarivo
- Annexe 4 Questionnaire distribué aux enseignants des 23 EPP
- Annexe 5 Questionnaire distribué aux directeurs des 23 EPP
- Annexe 6 Questionnaire socio-économique distribué aux familles des 23 EPP
- Annexe 7 Comparaison des caractéristiques des fokontany des écoles enquêtées et de l'ensemble des fokontany de la CUA

PARTIE III

Chapitre 1

- Annexe 8 Modalités des calculs utilisés pour la digestibilité *in vitro* des fractions RDS, de l'Amidon 120 et des fractions SDS

Chapitre 2

- Annexe 9 Fiche d'enregistrement des observations réalisées sur les préparations des cantinières
- Annexe 10 Modèle de fiche de recueil des appréciations des enfants sur les consistances des bouillies
- Annexe 11 Fiche de recueil des quantités de bouillie ingérée par les enfants

PARTIE IV

Chapitre 1

- Annexe 12 Questionnaire distribué aux enfants pour l'année scolaire 2004-2005 afin de recueillir les différents aliments qu'ils ont consommé la veille
- Annexe 13 Questionnaire distribué aux enfants afin de recueillir leur structure de l'alimentation (année scolaire 2005-2006)

Chapitre 2

- Annexe 14 Fiche d'observation du Rappel des 24 heures
- Annexe 15 Fiche de recueil des observations de la préparation des composants de plat à domicile

TABLE DES MATIERES

	Page
<i>Avant-propos</i>	i
<i>Remerciements</i>	ii
<i>Liste des articles et des communications</i>	iv
<i>Liste des abréviations</i>	v
<i>Glossaire</i>	vi
<i>Liste des tableaux</i>	vii
<i>Liste des figures</i>	xi
<i>Liste des annexes</i>	xv
INTRODUCTION GENERALE	1
PARTIE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. Situation générale des enfants d'âge scolaire à Madagascar	4
1.1. Système éducatif et scolarité des enfants	4
1.1.1. L'environnement scolaire	4
1.1.2. Le système scolaire des écoles primaires publiques	4
1.1.3. La scolarité des enfants	4
1.2. Problèmes nutritionnels des enfants d'âge scolaire	5
1.2.1. La malnutrition protéino-énergétique et les carences en micronutriments	5
1.2.2. La faim immédiate ou la faim à court terme	5
2. Besoins nutritionnels des enfants d'âge scolaire	5
2.1. Besoins énergétiques	6
2.2. Besoins en protéines	6
2.3. Besoins en lipides	6
2.4. Besoins en minéraux et vitamines	7
3. Les Programmes d'alimentation scolaire (PAS)	8
3.1. Les Programmes d'Alimentation Scolaire dans le monde	8
3.1.1. Objectifs et impacts	8
3.1.2. Modalités de mise en oeuvre	9
3.2. Les Programmes d'Alimentation Scolaire à Madagascar	9
3.2.1. Programmes financés par des organismes internationaux	10
3.2.1.1. <i>Les cantines scolaires soutenues par le PAM</i>	10
3.2.1.2. <i>Le programme «Lait scolaire» soutenu par la FAO</i>	10
3.2.1.3. <i>L'Aide alimentaire de l'Union Européenne</i>	10

3.2.2. Programmes gouvernementaux	10
3.2.3. Initiatives, projets individuels et locaux	10
3.3. Le Programme d’Alimentation Scolaire Nutrimad (PAS-Nutrimad)	10
3.3.1. Historique et objectifs	10
3.3.2. Mise en place et fonctionnement du PAS-Nutrimad	11
3.3.3. Caractéristiques de l’aliment distribué (<i>Koba Tsinjo</i>)	11
3.3.4. Education nutritionnelle réalisée dans le cadre du programme	12
4. Importance et stratégies d’amélioration de la biodisponibilité du fer, du zinc et de l’amidon dans les aliments à base de céréales et de légumineuses	13
4.1. Le fer et le zinc	13
4.1.1 Importance en nutrition humaine	13
4.1.1.1. <i>Fonctions dans l’organisme et métabolisme</i>	13
4.1.1.2. <i>Conséquences des carences</i>	14
4.1.2. Biodisponibilité	14
4.1.2.1. <i>Définition</i>	14
4.1.2.2. <i>Méthodes d’évaluation</i>	14
4.1.3. Composés chimiques influençant la biodisponibilité du fer, du zinc dans les aliments à base de céréales et de légumineuses	15
4.1.3.1. <i>Activateurs de la biodisponibilité</i>	15
4.1.3.2. <i>Inhibiteurs de la biodisponibilité</i>	15
4.1.4. Effets des procédés technologiques sur la biodisponibilité	16
4.1.4.1. <i>Les procédés thermiques</i>	16
4.1.4.2. <i>Les procédés chimiques</i>	16
4.1.4.3. <i>Les procédés biologiques</i>	16
4.2. Caractéristiques de l’amidon et procédés d’amélioration de sa digestibilité	17
4.2.1. Les caractéristiques de l’amidon	17
4.2.1.1. <i>Structure et composition</i>	17
4.2.1.2. <i>Propriétés physico-chimiques</i>	17
4.2.2. La digestibilité de l’amidon et procédé d’amélioration par le processus enzymatique	18

PARTIE II: DIAGNOSTIC DE L'ENVIRONNEMENT FAMILIAL, SCOLAIRE ET DE L'ETAT NUTRITIONNEL DES ELEVES DES ECOLES PRIMAIRES PUBLIQUES D'ANTANANARIVO	19
Introduction	20
Chapitre 1 : Environnement familial et scolaire des élèves	21
Introduction	21
Méthodologie	22
1. Lieu d'étude	22
2. Recueil des données	22
3. Traitement des données	22
Résultats et discussion	23
1. Caractéristiques des écoles et de leurs quartiers	23
2. Caractéristiques des instituteurs	24
3. Caractéristiques socio-économiques des familles	25
Conclusion	26
Chapitre 2 : Diagnostic et facteurs déterminants de l'état nutritionnel des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo	28
<i>(Article soumis le 10 mai 2009 à la revue électronique en Sciences de la santé e-Santé)</i>	
PARTIE III: QUALITE NUTRITIONNELLE ET ADEQUATION DE LA COLLATION FORTIFIEE UTILISEE DANS LE PAS-NUTRIMAD	46
Introduction	47
Chapitre 1: Qualité nutritionnelle de la farine fortifiée	48
Introduction	48
Matériels et méthodes	48
1. Analyse de la composition en nutriments et en facteurs anti- nutritionnels de la farine fortifiée	48
1.1. Préparation des échantillons	48
1.2. Méthodes de dosage	49
1.2.1. Détermination de la teneur en matière sèche (MS)	49
1.2.2. Dosage des protéines totales	49
1.2.3. Dosage des lipides	49
1.2.4. Détermination de la teneur en minéraux totaux	49
1.2.5. Dosage des fibres ADF	49
1.2.6. Dosage des facteurs antitrypsiques	49
1.2.7. Détermination des teneurs en phytates	50

2. Etude de la digestibilité <i>in vitro</i> de l'amidon	50
2.1. Préparation des bouillies	50
2.2. Méthode de mesure de la digestibilité	50
3. Etude de la biodisponibilité <i>in vitro</i> du fer et du zinc	51
3.1. Echantillons utilisés	51
3.2. Méthode de digestion <i>in vitro</i>	51
3.2.1. <i>Digestion gastrique</i>	52
3.2.2. <i>Digestion intestinale</i>	52
3.3. Dosage des teneurs en fer et en zinc solubles	52
4. Essais réalisés en vue d'améliorer la biodisponibilité <i>in vitro</i> du fer et du zinc	52
4.1. Traitement avec des phytases et/ou des xylanases	52
4.2. Ajout d'un activateur (EDTA)	53
Résultats et discussion	53
1. Composition en nutriments et en facteurs anti-nutritionnels de la farine fortifiée	53
2. Digestibilité <i>in vitro</i> de l'amidon de la bouillie fortifiée	54
3. Digestibilité <i>in vitro</i> du fer et du zinc dans la farine fortifiée	55
3.1. Valeurs obtenues par les méthodes classiquement utilisés pour les aliments non fortifiés	55
3.2. Essais complémentaires en vue d'identifier les facteurs responsables des faibles valeurs de digestibilité obtenues par le fer	56
3.2.1. <i>Influence de la forme chimique utilisée</i>	56
3.2.2. <i>Influence du pH (de 4, 7 à 8,5)</i>	56
3.2.3. <i>Influence de la matrice et du mode d'incorporation</i>	57
4. Effets des différents traitements appliqués visant à améliorer la digestibilité <i>in vitro</i> du fer et du zinc	57
Conclusion	59
Chapitre 2: Adéquation de la collation fortifiée aux modalités de distribution choisies dans le cadre du PAS-Nutrimad	62
Introduction	62
Méthodologie	62
1. Vérification de la constance des modes de préparation et des caractéristiques des collations préparées dans les écoles	62
1.1. Modalités d'observation des modes de préparation	62
1.2. Estimation de la densité énergétique des bouillies	63
1.3. Mesure de la consistance des bouillies	63
1.4. Traitement des données	63
2. Confirmation de l'adéquation de la consistance conférée aux bouillies aux préférences des enfants	63
3. Validation du choix de la quantité de bouillie distribuée	64

Résultats et discussion	64
1. Variabilité des modes de préparation, teneur en matière sèche et consistance des bouillies préparées dans les écoles	64
1.1. Modalités de préparation	64
1.2. Teneur en matière sèche et consistance	65
2. Préférence des enfants au niveau de la consistance des bouillies distribuées	68
3. Quantité de bouillie ingérée par les enfants	70
3.1. Fréquence de consommation de la collation pendant la semaine d'observation	70
3.2. Niveau d'ingérés pendant la semaine d'observation	71
Conclusion	72
PARTIE IV: EFFETS DE LA CONSOMMATION DE LA COLLA- TION FORTIFIEE SUR LA FREQUENCE ET LA COMPOSITION DES REPAS DES ENFANTS ET SUR LA COUVERTURE DE LEURS BESOINS NUTRI- TIONNELS	74
Introduction	75
Chapitre 1 : Effet de la consommation de la collation fortifiée sur la fréquence et la composition des repas	76
Introduction	76
Méthodologie	76
1. Echantillonnage	76
2. Collecte des données	77
3. Traitement des données	77
Résultats et discussion	78
1. Etude réalisée pendant l'année 2004-2005 dans quatre écoles	78
1.1. Nature et fréquence journalière des repas	78
1.2. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux	79
1.3. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des goûters	83
1.4. Fréquence de consommation journalière des principaux aliments	83
2. Etude réalisée en 2006 dans quatre écoles témoins et quatre écoles d'intervention du PAS-Nutrimad	87
2.1. Nature et fréquence journalière des repas	87
2.2. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux	88
2.3. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des goûters	91

2.4. Fréquence de consommation journalière des principaux aliments	91
Conclusion	94
Chapitre 2: Efficacité de la distribution d'une collation fortifiée pour réduire les déficits nutritionnels de l'alimentation des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo	96
<i>(Communication et article présentés à l'Académie Malgache, section Sciences Fondamentales le 19 juin 2008,</i>	97
<i>(Communication affichée lors de «International Congress of Nutrition», du 04 au 09 octobre 2009 au Bangkok, Thaïlande)</i>	114
PARTIE V: NIVEAU D'ADHESION DES ELEVES AU PAS-NUTRIMAD ET EFFETS SUR LEUR ETAT NUTRITIONNEL, LEUR TAUX DE FREQUENTATION ET LEURS PERFORMANCES SCOLAIRES	115
Introduction	116
Chapitre 1 : Niveau d'adhésion des élèves au PAS-Nutrimad mis en place en 2004-2005 dans 15 écoles primaires publiques et effets sur leur taux de fréquentation scolaire et leur état nutritionnel	117
Introduction	117
Méthodologie	117
1. Ecoles d'intervention du PAS-Nutrimad et population cible	117
2. Recueil des informations relatives aux caractéristiques socio-économiques des familles et à l'environnement scolaire des enfants	117
3. Etude du niveau d'adhésion des enfants au PAS	118
4. Etude d'impact de la stratégie sur le taux de fréquentation scolaire	118
5. Evaluation de l'état nutritionnel des enfants	118
6. Analyse des données	119
Résultats et discussion	120
1. Niveau de consommation de la collation fortifiée et leurs déterminants	120
2. Effets de la stratégie sur l'assiduité en classe des élèves	122
3. Effet de la stratégie sur l'état nutritionnel	124
3.1. Croissance en taille et prise de poids au cours des 6 mois d'intervention	124
3.2. Variation des indices nutritionnels (Z-scores)	126
3.3. Prévalences des différentes formes de malnutrition	128
Conclusion	130

Chapitre 2 : Effets de la stratégie PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo	132
<i>(Article à paraître dans les Actes du Forum de la Recherche : Recherche valorisée, Enjeux de développement régional, Antsiranana ; 3-5 décembre 2008)</i>	
<i>(Communication affichée lors de la Forum de la Recherche « Recherche valorisée : Enjeux de développement régional », Antsiranana ; 3-5 décembre 2008)</i>	140
Chapitre 3: Comparaison de l'état nutritionnel et des performances scolaires des élèves d'écoles primaires publiques ayant bénéficié ou non de la mise en oeuvre du PAS-Nutrimad en 2005-2006	141
Introduction	141
Méthodologie	141
1. Lieu de l'étude et population cible	141
2. Recueil des informations relatives aux caractéristiques des élèves, de leur famille et de leur environnement scolaire	142
3. Evaluation de l'état nutritionnel des enfants	142
4. Evaluation des performances scolaires des élèves	142
3. Analyse des données	142
Résultats et discussion	143
1. Effet du PAS-Nutrimad sur l'état nutritionnel des élèves	143
1.1. Croissance en taille et prise de poids au cours de l'intervention	143
1.1.1. Croissance en taille	143
1.1.2. Prise de poids	145
1.2. Evolution des Z-scores	147
1.2.1. Valeurs brutes	147
1.2.2. Valeurs ajustées	148
1.3. Prévalences des différentes formes de malnutrition	149
2. Effet du PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves	151
2.1. Identification des facteurs en relation avec les performances scolaires	151
2.2. Effet du PAS-Nutrimad sur les notes moyennes des élèves	153
2.3. Effet du PAS-Nutrimad sur l'obtention de notes supérieures à la moyenne et la réussite au CEPE	153
Conclusion	154
CONCLUSION GENERALE	156
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

INTRODUCTION GENERALE

A Madagascar, la malnutrition constitue un problème majeur de santé publique. Présente sous différentes formes, elle affecte autant les jeunes enfants que les enfants d'âge scolaire. Pour les premiers, les données disponibles montrent que le retard de croissance touche près de 50% d'entre eux, la maigreur reste autour de 14% et l'insuffisance pondérale est de 33% (INSTAT & ORC Macro, 2005). Une telle situation est souvent liée à des pratiques alimentaires inappropriées et à des aliments inadéquats où l'apport en énergie et en micronutriments est à la fois insuffisant en quantité et en qualité (Razafindrazaka, 2006; Moursi, 2009).

En ce qui concerne les enfants d'âge scolaire, les données sur leur état nutritionnel sont rares mais les informations disponibles révèlent l'existence de carences en micronutriments. En 2001, une enquête réalisée sur 900 élèves a montré que l'anémie, généralement due à la carence en fer, touchait 2 enfants sur 5 et affectait aussi bien les filles que les garçons (MOST, 2004). La même année, une autre enquête nationale a été réalisée auprès de 3500 élèves âgés de 6 à 11 ans de 7 sites de surveillance des troubles dus à la carence en iode, il ressort des résultats que la prévalence de goitre était de 3,5% (GMP, 2001). Ces deux travaux ont fourni des indications pertinentes sur la fragilité de l'état de santé des enfants d'âge scolaire malgaches.

Il est connu que l'impact des facteurs nutritionnels est particulièrement marqué pendant la gestation, dans les phases de croissance rapide du cerveau et pendant les deux premières années de la vie (Grantham Mc Gregor & Ani, 2001). Non seulement, la malnutrition précoce compromet le développement intellectuel à des stades ultérieurs des enfants, entraînant une baisse de leurs résultats scolaires, mais constitue également un facteur important de morbidité à l'âge adulte et de ce fait, entraîne une baisse de rendement et de productivité au travail. Cependant, d'autres travaux ont permis d'avancer que la maturation cérébrale se poursuit dans certaines zones du cerveau pendant l'enfance et l'adolescence et que, par conséquent, une amélioration de l'état nutritionnel des enfants d'âge scolaire pourrait encore avoir un impact sur leurs capacités cognitives et intellectuelles (Duhamel, 2007).

Face à ce contexte qui hypothèque le développement de la Nation, le gouvernement a mis en place une politique nationale de nutrition, intégrée dans le Plan national d'action 2005-2009. Ce plan comporte 14 stratégies opérationnelles dont l'intervention de nutrition scolaire et le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS) s'inscrit dans ce cadre. Il vise entre autres à combattre la faim immédiate, à mettre en place des cantines scolaires et à diffuser des messages nutritionnels et sanitaires dans le curriculum élémentaire (MINSANPF *et al*, 2006). En accord avec les recommandations du PNANSS, le programme Nutrimad, mené en partenariat entre le GRET¹, l'IRD² et le LABASAN³ de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, a mis en place au niveau de 15 écoles primaires publiques (EPP), un programme d'alimentation scolaire (PAS). Il est mené en collaboration avec la Commune Urbaine d'Antananarivo (CUA) et le Ministère de l'Éducation Nationale. Les principaux objectifs de ce programme sont de lutter contre la faim immédiate, de faire progresser les performances scolaires des enfants et de contribuer à l'amélioration de leur état nutritionnel.

¹ Groupe de Recherche et d'Échanges Technologiques

² Institut de Recherche pour le Développement

³ Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition

Le présent travail de thèse s'insère dans ce programme. Il a pour objectifs, d'une part, de faire un diagnostic approfondi de la situation des enfants et, d'autre part, d'étudier l'adéquation et les impacts d'une collation de haute densité énergétique et fortifiée en micronutriments mise à disposition de ces derniers. Après une introduction générale, le document s'articule en cinq parties dont les quatre dernières présentées sous forme d'articles dont certains ont déjà été soumis pour publication. La première partie présente une synthèse bibliographique, portant particulièrement sur la situation générale des enfants d'âge scolaire à Madagascar, leurs besoins nutritionnels, les Programmes d'Alimentation Scolaire ainsi que l'importance d'améliorer la disponibilité du fer, du zinc et de l'amidon dans les aliments à base de céréales et de légumineuses. La seconde partie rapporte le diagnostic des environnements familial et scolaire et de l'état nutritionnel des élèves. La troisième partie est consacrée à la qualité nutritionnelle et à l'adéquation de la collation fortifiée dans le PAS-Nutrimad. La quatrième partie fait état des effets de la consommation de la collation sur l'alimentation des enfants et la dernière partie regroupe les études menées dans le cadre du suivi et de l'évaluation de la stratégie PAS-Nutrimad.

PARTIE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Cette première partie consiste, d'une part, en un rappel bibliographique, de la situation générale des enfants d'âge scolaire à Madagascar notamment en matière d'éducation et de santé, de leurs besoins nutritionnels et des stratégies mises en œuvre pour améliorer leur situation et, d'autre part, en un rappel de l'importance de la biodisponibilité de certains nutriments et des technologies alimentaires utilisées.

1. Situation générale des enfants d'âge scolaire à Madagascar

1.1. Système éducatif et scolarité des enfants

1.1.1. L'environnement scolaire

En 2001, Madagascar comptait 12730 écoles primaires publiques (EPP), dotées en moyenne de 2 salles de classe chacune (PNUD, 2003). Dans la commune urbaine d'Antananarivo (CUA), les élèves sont répartis dans 92 EPP de quartiers plus ou moins défavorisés. Les effectifs sont variables, de seulement 100 à 200 enfants pour certaines écoles jusqu'à 2000 pour d'autres (Aide et Action, 2000).

La plupart des écoles sont vétustes, bien que depuis quelques années une réhabilitation ait été réalisée (Aide et Action, 2000); toutefois, les matériels scolaires et les équipements didactiques sont soit insuffisants, soit en mauvais état.

Le personnel enseignant a été estimé à 35.000 en 2001 (PNUD, 2003). La moyenne d'âge est de 54 ans (Aide et Action, 2000) avec 49% de femmes (MINESEB, 1999). Leur formation reste insuffisante, seulement trois mois de pédagogie initiale et une faible compétence en français. Pour l'encadrement, les enseignants sont peu contrôlés et peu suivis (Deleigne & Miauton, 2001). Pourtant, ils sont censés être polyvalents et doivent enseigner toutes les disciplines.

1.1.2. Le système scolaire des écoles primaires publiques

Jusqu'en 2007, le cycle primaire à Madagascar était organisé en 5 années (CP1, CP2, CE, CM1 et CM2) (MINESEB, 1999).

Dans la plupart des écoles, notamment en milieu urbain, les classes sont à simple flux. Chaque enseignant n'encadre qu'un même groupe d'élèves, mais ce dernier ne vient à l'école que pendant une demi-journée chaque jour, soit le matin de 7 à 12 H, soit l'après-midi de 12 à 17 H. Le recours au système d'enseignement à maître unique et à classes multigrades où l'enseignant encadre plusieurs niveaux scolaires est cependant courant en milieu rural.

1.1.3. La scolarité des enfants

Au niveau national, le taux net de scolarisation⁴ dans les écoles est passé de 71% en 1997 à 83% en 2005 (INSTAT, 2005 ; MENRS/DPEFT, 2007). Selon les résultats de l'enquête périodique auprès des ménages, en 2005, ce même taux était de 90% pour Antananarivo avec un taux brut de scolarisation⁵ de 141% et un taux de fréquentation de 91% (INSTAT, 2005).

⁴ Le taux net de scolarisation dans le primaire est le rapport du nombre d'élèves de 6 à 11 ans dans le primaire sur le nombre d'enfants de 6 à 11 ans dans la population.

⁵ Le taux brut de scolarisation prend en compte l'ensemble des enfants fréquentant le primaire sur le nombre d'enfants de 6 à 11 ans. Il est souvent supérieur à 100% en raison du maintien dans le cycle primaire d'enfants plus âgés (entrée tardive à l'école, redoublements ou discontinuité de la fréquentation).

Une baisse du taux de redoublement, de l'ordre de 30% (AERC, 2005) a été observée entre 2000 et 2003 sur l'ensemble des CISO de Madagascar, il est descendu à 19% en 2005 (INSTAT, 2005 ; MENRS/DPEFT, 2007). Pendant l'année scolaire 2005-2006, le pourcentage de redoublants dans les 92 EPP de la commune urbaine d'Antananarivo était 15,9% (BDA, 2007).

L'évolution du taux de réussite des enfants au CEPE de 2004 à 2008 sur l'ensemble du pays et à Antananarivo est présentée dans le tableau I/1. Il est variable en fonction des années surtout dans la capitale. En 2007-2009, environ les deux tiers des enfants qui l'avaient passé ont obtenu le CEPE.

Tableau I/1: Evolution du taux de réussite en CEPE de 2004 à 2008

Année scolaire	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08
Madagascar	61,0	58,9	68,3	67,8	63,2
Antananarivo	61,4	81,6	77,9	69,3	69,2

Source : *Direction de l'Education Fondamentale et Préscolaire (Service des examens) – MEN, 2009*

1.2. Problèmes nutritionnels des enfants d'âge scolaire

1.2.1. La malnutrition protéino-énergétique et les carences en micronutriments

Les enfants d'âge scolaire sont confrontés à de multiples carences liées à un apport insuffisant en énergie et en nutriments.

L'étude menée par MOST (2004) a montré que 38% des enfants âgés de 6 à 14 ans enquêtés en milieu scolaire sont touchés par l'anémie dont 1% sous forme sévère. Ces indications sont confortées par une étude préliminaire réalisée par le programme Nutrimad. En effet, 90% des élèves enquêtés présentaient de déficiences en énergie et en protéines de l'ordre d'au moins 25%, plus de 85% n'atteignaient pas 50% de leurs Apports Journaliers Recommandés (AJR) en fer, zinc et calcium et 62% ne couvraient pas 50% de leurs AJR en vitamine A (Ratsito, 2004).

1.2.2. La faim immédiate

La faim immédiate, ou faim à court terme, problème commun aux enfants des pays en développement, affecte aussi les écoliers malgaches. Les principales causes en sont l'éloignement entre le domicile et l'école et le saut de repas avant de se rendre à l'école (Hicks, 1996).

A Antananarivo, une enquête socio-économique réalisée auprès d'enfants des quartiers défavorisés a montré que 16,4% d'entre eux ne prenaient que 2 repas par jour et que plus d'un enfant sur quatre arrivait régulièrement en classe avec le ventre vide (De Sesmaisons, 2004). Or, il est généralement reconnu que la faim immédiate constitue un obstacle à l'apprentissage car un enfant qui a faim a du mal à se concentrer et est incapable de travailler en classe.

2. Besoins nutritionnels des enfants d'âge scolaire

Pour les enfants d'âge scolaire, les besoins nutritionnels sont associés à la croissance physique et intellectuelle ; ils correspondent en outre à la quantité journalière d'énergie et de nutriments nécessaires pour maintenir des fonctions physiologiques et un bon état de santé. Ils varient en fonction de l'âge, du sexe, du poids corporel et de l'activité.

2.1. Besoins énergétiques

Les besoins énergétiques sont fonction de la masse corporelle, du degré d'activité et de facteurs innés. Les apports recommandés en énergie des enfants de 6 à 14 ans sont récapitulés dans le tableau I/2.

Tableau I/2: Apports recommandés en énergie et en protéines des enfants de 6 à 14 ans

	Age (ans)	Poids souhaitable	Energie (kcal/j)		Protéines		
			Par kg de poids corporel	Apports recommandés ¹	mg N /kg/j	g de protéines /kg/j ³	Apports recommandés ² (g/j)
Garçons	6	21,8	86	1875	138,0	0,86	18,8
	7	24,1	84	2024	138,0	0,86	20,8
	8	26,8	69	1849	138,0	0,86	23,1
	9	29,8	75	2235	138,0	0,86	25,7
	10	33,4	61	2037	138,0	0,86	28,8
	11	37,6	53	1993	138,0	0,86	32,4
	12	42,5	57	2423	141,0	0,88	37,5
	13	48,0	56	2688	138,0	0,86	41,4
	14	54,0	50	2700	138,0	0,86	46,6
Filles	6	20,7	82	1697	138,0	0,86	17,9
	7	23,4	82	1919	138,0	0,86	20,2
	8	26,7	64	1709	138,0	0,86	23,0
	9	30,6	68	2081	138,0	0,86	26,4
	10	34,5	54	1863	140,0	0,88	30,2
	11	39,4	46	1812	138,0	0,86	34,0
	12	44,0	44	1936	136,0	0,85	37,4
	13	48,5	43	2086	135,0	0,84	40,9
	14	52,2	40	2088	131,0	0,82	42,7

¹ Torun et al, 1996

² Dewey et al, 1996

³ coefficient de conversion utilisé (mg de protéines/kg/jour=6,25*mgN/kg/jour)

2.2. Apports recommandés en protéines

Les protéines ont un rôle structurel et sont sources de certains acides aminés essentiels. Une quantité suffisante doit être apportée par l'alimentation. Les recommandations présentées ici sont celles proposées par Dewey et al (1996) (Tableau I/2).

2.3. Besoins en lipides

Les lipides, outre leur rôle énergétique, ont un rôle fonctionnel et structurel. Ils véhiculent les vitamines liposolubles et sont sources d'acides gras polyinsaturés indispensables (AGPI) n-6 et n-3. Après les masses adipeuses, le cerveau est l'organe présentant la plus grande concentration en lipides qui participent directement à la structure, donc au fonctionnement, des membranes cérébrales. Les sphingolipides et les phospholipides s'y trouvent dans des proportions relatives importantes et ces derniers présentent la particularité de contenir pratiquement toujours un AGPI en position 2 sur le glycérol. Les principaux AGPI des familles n-3 et n-6, respectivement l'acide docosahexaénoïque ou DHA (22:6n-3) et l'acide arachidonique ou AA (20:4n-6), sont les plus représentés puisque leur proportion dans les phospholipides cellulaires peut atteindre 60 % des acides gras totaux (Wainwright, 2000).

Une étude réalisée par [Wainwright \(2002\)](#) sur des enfants a montré que le DHA alimentaire jouerait un rôle sur le développement cognitif. Dans quelques cas rares de déficiences en AGPI n-3, des troubles neurologiques et visuels ont été constatés chez l'enfant ([Uauy et al, 1990](#)).

On estime généralement que 30 à 35% de l'apport énergétique doit être apporté par les lipides ([FAO, 1994](#)), 10% sous forme d'acides gras saturés, 10% sous forme d'acides gras monoinsaturés et 10% sous forme d'AGPI.

2.4. Besoins en minéraux et en vitamines

Les minéraux et vitamines sont des substances présentes en quantité infime mais jouent un rôle important dans le métabolisme. Les besoins correspondent aux quantités nécessaires pour compenser les pertes physiologiques, ou celles dues aux infections, et pour couvrir des besoins accrus lors de certaines périodes clés de la vie, telles que les phases de croissance rapide ou la grossesse. Les carences en fer, en zinc et en vitamine A sont les plus à craindre pour les enfants d'âge scolaire car ces minéraux affectent leurs fonctions immunitaires et cognitives. Les tableaux I/3 et I/4a et I/4b résument les apports journaliers recommandés pour les minéraux et les vitamines.

Tableau I/3: Apports journaliers recommandés en minéraux des enfants de 6 à 14 ans ([FAO, 2002](#))

	Age (ans)	Calcium (mg/j)	Iode (µg/j)	Fer ¹ (mg/j)	Magnésium (mg/j)	Zinc ² (µg/j)	Sélénium (µg/j)
Garçons	6	600	110	12,6	76	10300	22
	7-9	700	100	17,8	100	11300	21
	10	1300	135		230	19200	32
	11			29,2	250		34
	12-14		110	29,2			
Filles	6	600	110	12,6	76	10300	22
	7-9	700	100	17,8	100	11300	21
	10	1300	140	17,8	220	15500	26
	11			28	230		
	12-13		100				

¹ en supposant une biodisponibilité du fer de 5% (régime riche en céréales et tubercules)

² en supposant une biodisponibilité du zinc de 15%

Tableau I/4a : Apports journaliers recommandés en vitamines des enfants de 6 à 14 ans (FAO, 2002)

	Age (ans)	Thiamine (µg)	Ribo- flavine (µg)	Niacine (Nes) ¹	Vitamine B6 (µg)	Vitamine B12 (µg)	Acide Pantothéni- que (µg)
Garçons	6	600	600	8	600	1,2	3000
	7-8	900	900	12	1000	1,8	4000
	10-14	1200	1300	16	1300	2,4	5000
Filles	6	600	600	8	600	1,2	3000
	7-8	900	900	12	1000	1,8	4000
	10-14	1100	1000	16	1200	2,4	5000

Tableau I/4b : Apports journaliers recommandés en vitamines des enfants de 6 à 14 ans (FAO, 2002)

	Age (ans)	Biotine (µg)	Folate (µg)	Vitamine C (mg/j)	Vitamine A (µg ER)	Vitamine D (UI)
Garçons	6	12	200	30	450	200
	7-8	20	300	35	500	
	10-14	25	400	40	600	
Filles	6	12	200	30	450	200
	7-8	20	300	35	500	
	10-14	25	400	40	600	

¹équivalent Niacine

3. Les Programmes d’Alimentation Scolaire (PAS)

3.1. Les Programmes d’Alimentation Scolaire dans le monde

Pour faire face aux problèmes de nutrition et de santé rencontrés par les enfants d’âge scolaire, des Programmes d’Alimentation Scolaire ont été mis en place dans de nombreux pays. Ils sont généralement implantés dans des écoles qui restent des endroits privilégiés pour atteindre les enfants.

3.1.1. Objectifs et impacts

Les PAS ont généralement à la fois un objectif nutritionnel, améliorer le statut nutritionnel des enfants ciblés, et un objectif éducationnel, améliorer le taux de scolarisation et leurs performances scolaires et cognitives (Bennett, 2003).

- Améliorer le statut nutritionnel des enfants

Les impacts des PAS sur l’état nutritionnel des enfants ont été vérifiés par diverses études d’évaluation. Au Bangladesh, en Jamaïque ou encore en Afrique du sud (Cape Town), l’état nutritionnel des enfants qui ont profité d’un PAS s’est trouvé amélioré (Ahmed, 2004; Walsh *et al*, 2001). Cependant, les résultats d’une étude menée au Kenya n’ont montré aucune différence au niveau de l’état nutritionnel entre des enfants bénéficiant ou non d’un Programme d’Alimentation Scolaire (Grantham Mc Gregor *et al*, 1998; Meme *et al*, 1998).

- Réduire la faim immédiate

Des études ont permis d'observer chez des enfants mexicains et indiens bénéficiant d'une distribution de petit-déjeuner ou de collation visant à éviter qu'ils ne soient soumis à la faim immédiate:

- une amélioration des performances d'apprentissage et du comportement des enfants (Benton *et al*, 2001);
- une amélioration des performances de mémorisation et d'attention (Noriega *et al*, 2000; Muthayya *et al*, 2007).

- Améliorer les taux de scolarisation et de fréquentation scolaire

Plusieurs études ont montré que la mise en œuvre de PAS dans les écoles permet d'obtenir une amélioration des taux de scolarisation. Une étude réalisée au Ghana a montré que le taux de scolarisation des filles a augmenté quand des rations alimentaires leurs ont été distribuées (Lwanga & Piwoz, 2002). Au Burkina Faso, en Inde et dans des zones rurales du Pérou, le taux de fréquentation scolaire s'est amélioré dans les écoles qui avaient « des cantines » (Cueto, 2000). Les mêmes résultats ont été observés au Bangladesh, où des écoles ayant bénéficié d'un PAS ont eu un accroissement de 20% du taux de fréquentation scolaire contre seulement 2% dans des écoles témoins (Ahmed & Billah, 1994).

- Améliorer les performances scolaires

Il a été montré que les carences en vitamine A sont causes de cécité et de retard mental conduisant à un abandon scolaire et les carences en iode et en fer entravent le développement cognitif (Grantham Mc Gregor & Ani, 2001; Gordon, 2003). Réduire ces carences apparaît donc comme nécessaire pour améliorer les performances scolaires.

3.1.2. Modalités de mise en œuvre

La mise en œuvre et le mode de fonctionnement diffèrent d'un PAS à un autre (Lugaz, 2006). Les PAS se caractérisent généralement par:

- le lieu de préparation (sur place ou à l'extérieur) des aliments distribués;
- les acteurs de la préparation (les parents d'élèves, des salariés ou des services proposés);
- les horaires de distribution;
- l'origine des approvisionnements (dons ou achats, locaux ou importés);
- le lieu d'implantation (quartiers urbains défavorisés, milieu rural...);
- la population ciblée (critères socio-économiques, critères administratifs, état nutritionnel, sexe...).

Ces différents facteurs déterminent la nature des rations à distribuer qui peuvent correspondre à un petit-déjeuner, à une collation distribuée en début ou en milieu de la matinée, à un repas complet ou à des aliments à emporter.

3.2. Les Programmes d'Alimentation Scolaire à Madagascar

Les Programmes d'Alimentation Scolaire existent à Madagascar depuis 1999. Ils ont été mis en place par le biais de programmes à financement international ou par des programmes gouvernementaux ou encore par des initiatives locales.

3.2.1. Programmes financés par des organismes internationaux

3.2.1.1. *Les cantines scolaires soutenues par le PAM*

Le PAM intervient dans le sud de Madagascar en apportant son soutien à 277 cantines scolaires installées dans des écoles primaires publiques. Les élèves bénéficiaires sont estimés à 70.000 (WFP, 2005; PNANSS, 2005). Tous les jours, dans les écoles bénéficiant du programme, un petit-déjeuner à base de farine enrichie et un déjeuner composé de riz, de légumineuses et d'huile végétale enrichie en vitamine A sont distribués. Cet appui a permis une amélioration des taux de scolarisation et de fréquentation scolaire dans la zone d'intervention du programme. Par ailleurs, une étude récente a montré que, dans les mêmes communes, les enfants fréquentant des écoles avec cantine étaient, en période de soudure, moins souvent malades que ceux fréquentant des écoles sans cantine (Njatosoa, 2009). Néanmoins, cette même étude a mis en évidence que l'état nutritionnel des enfants fréquentant ou non des écoles avec cantine n'était pas significativement différent.

3.2.1.2. *Le programme «Lait scolaire» financé par la FAO*

La FAO a financé un programme « Lait scolaire » mené dans la CISCO de Tsiroanomandidy (Région de Bongolava) au cours de l'année scolaire 2003-2004. Les élèves de la classe de CM2 de 17 écoles publiques ont bénéficié du lait distribué gratuitement. Ce programme pilote a été intégré au Programme National d'Alimentation Nutritionnelle Scolaire Intégrée (PNANSI), sous tutelle du Ministère de l'agriculture et de l'éducation (Parson, 2005).

3.2.1.3. *L'aide alimentaire de l'Union Européenne*

L'Union Européenne a octroyé de l'aide à des ONG européennes en partenariat avec des centres et des associations locales en 2003. Du riz, des haricots, du lait en poudre, du sucre et de l'huile végétale ont été distribués à 22.000 enfants scolarisés (MINSANPF *et al*, 2006).

3.2.2. Programmes gouvernementaux

En 2003, des biscuits enrichis ont été distribués pendant 10 jours dans 30 écoles de deux CISCO (Manjakandriana pour la région Analamanga et Brickaville pour celle d'Atsinanana) par le biais du programme CRESED financé par la Banque Mondiale.

Un autre programme gouvernemental a consisté à financer directement des FAF (comités locaux de gestion scolaire) de 28 écoles de deux CISCO (Ambositra pour la région d'Amoron'i Mania et Arivonimamo pour celle d'Itasy) afin qu'ils puissent acheter tous les jours des vivres sur le marché local et organiser une cantine scolaire.

3.2.3. Initiatives, projets individuels et locaux

L'implantation des «cantines scolaires» dans les écoles relève le plus souvent d'initiatives locales. Elles sont initiées par l'association des parents d'élèves, la direction de l'école, des ONG locales ou encourent subventionnées par des associations. Dans certaines écoles, les cantines sont gérées à titre privé et proposent des goûters et des repas mais à prix élevé (De Sesmaisons, 2004).

3.3. Le Programme d'Alimentation Scolaire Nutrimad (PAS-Nutrimad)

3.3.1. Historique et objectifs

Le programme Nutrimad est mené en collaboration entre le GRET, l'IRD et le LABASAN de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo. Les activités du programme ont

débuté en 1998 et avait, à l'origine, pour objectifs d'élaborer, de valider et de diffuser des voies d'amélioration de l'alimentation des enfants de moins de deux ans.

A partir de 2003, le groupe cible du programme a été élargi aux enfants d'âge scolaire. Un PAS a été mis en place dans cinq, puis dans quinze EPP d'Antananarivo à partir de l'année scolaire 2004-2005. Le PAS-Nutrimad avait pour buts de produire et de proposer une collation fortifiée adaptée aux déficits nutritionnels des enfants, de mettre en place un système de distribution de collation dans les écoles lors des récréations pour lutter contre la faim immédiate des enfants, améliorer leur état nutritionnel et contribuer à l'amélioration de leurs performances scolaires.

3.3.2. Mise en place et fonctionnement du PAS-Nutrimad

La mise en place du PAS a été réalisée en collaboration avec la CISCO et la CUA. Une collation présentée sous forme de bouillie est distribuée aux enfants pendant la récréation de 9 H pour les élèves qui fréquentent l'école le matin et celle de 14H30 pour ceux qui y vont l'après-midi.

Pour le bon fonctionnement du PAS, des comités «cantine» regroupant les représentants des parents d'élèves, du corps enseignant et du fokontany ont été créés dans chaque école. Un gestionnaire chargé de gérer le fonctionnement de la «cantine» et des cantinières chargées de préparer et de distribuer la collation auprès des enfants ont été recrutés. Leur formation, l'aménagement des locaux dans lesquels la collation était préparée et les ustensiles nécessaires à la préparation et à la distribution de la collation ont été fournis par Nutrimad.

3.3.3. Caractéristiques de l'aliment distribué (*Koba Tsinjo*)

Dans le cadre de la mise en œuvre de son PAS, Nutrimad propose aux enfants une collation définie pour pallier les déficits nutritionnels estimés à partir des résultats d'une enquête de consommation préliminaire (Ratsito, 2004), de données nationales et de stratégies adoptées dans le cadre d'autres PAS.

L'approche adoptée, reconnue efficace sur le plan coût-efficacité pour améliorer le statut en micronutriments de la population cible est la fortification alimentaire. Elle consiste à incorporer dans l'aliment un ou plusieurs nutriments essentiels, normalement contenus ou non dans l'aliment, avec pour objectif de prévenir ou de corriger une carence en un ou plusieurs nutriments de la population cible (FAO/WHO, 1994). L'utilisation d'aliments vecteurs facilement accessibles et largement consommés est nécessaire pour véhiculer les micronutriments introduits. Le choix d'une forme chimique adéquate pour chaque micronutriment tient compte de sa stabilité et de sa disponibilité biologique après son incorporation dans l'aliment compte tenu des modalités prévues pour le stockage et la préparation de l'aliment.

Après avoir vérifié au cours d'études préliminaires la bonne acceptabilité d'une collation distribuée sous forme de bouillies par les enfants scolarisés, cette forme de consommation a été choisie dans la mesure où, sous réserve de conférer par des procédés technologiques appropriés certaines caractéristiques à ces bouillies, cette forme de consommation permettait aux enfants de consommer des quantités d'aliments importantes en un temps réduit.

La mise au point de la formule et des modalités de préparation de l'aliment a été réalisée en plusieurs étapes :

- La première étape a consisté à définir la formule de l'aliment destiné à être préparée sous forme de bouillie. Une formule théorique a été établie en utilisant le logiciel ALICOM, un logiciel développé par des nutritionnistes de l'IRD. Après avoir estimé à environ 100 g de matière sèche la quantité d'aliment consommable par un enfant à au cours d'une

recréation, l'aliment a été formulée pour couvrir 18% de l'apport énergétique total d'un garçon de 10 ans (avec au minimum 21% de l'énergie sous forme lipidique), 25% de ses AJR en protéines, en acides aminés et en acides gras essentiels, 75% de ses AJR en fer (soit 13,4 mg), en zinc (soit 14,4 mg) et en vitamine A (soit 450 µgER), 60% de ses AJR en calcium (soit 780 mg), 40% de ses AJR pour les autres vitamines et minéraux. Compte tenu des difficultés technologiques liées à l'incorporation de quantité trop importante de lipides dans les farines, il a été décidé que les bouillies seraient préparées à partir d'une farine fortifiée à laquelle serait rajoutée 2% d'huile au moment de la préparation dans les écoles. Des matières premières très appréciées des enfants et disponibles toute l'année ont été retenues pour préparer cette farine (72,6% de maïs, 18,5% d'arachide et 14,0% de sucre). Un complexe minéral et vitaminique, destiné à être incorporé à ce mélange de matières premières, a été défini de façon à atteindre les objectifs nutritionnels fixés.

- Une seconde étape a consisté à choisir un procédé technologique permettant de diminuer la viscosité de la bouillie et, par conséquent, de la préparer avec une densité énergétique suffisante. L'incorporation d'une amylase industrielle (BAN 800MG de Novo S.A.) a été retenue et les quantités à incorporer à la farine ont été définies de manière à permettre de préparer à partir de 110 g de farine, 350 g de bouillie de consistance semi liquide.
- Une troisième étape a consisté à définir les modalités de fabrication de la farine fortifiée dans une unité de production (TAF) avec laquelle une collaboration avait déjà permis de mettre au point d'autres types d'aliments, en particulier une farine infantile (*Koba Aina*) destinée aux enfants de 6 à 24 mois ;
- Enfin, la quatrième étape a correspondu à la définition des modalités de préparation de la bouillie au niveau des écoles à partir de la farine fortifiée.

Les modalités retenues pour la préparation des bouillies dans les écoles sont les suivantes (*annexe 1*) : des marmites de bouillie correspondant à 40 rations sont préparées à partir de 4,5 kg de farine fortifiée, 88 ml d'huile et 12 l d'eau. On commence par mélanger la farine, l'huile et 6 l d'eau jusqu'à ce que l'ensemble soit homogène et on complète avec 6 l tout en continuant de mélanger. La marmite contenant le mélange est ensuite placée sur un « fatapera » à feu intense. Le contenu est constamment remué avec une spatule en bois. Après que le mélange soit arrivé à ébullition, on maintient la marmite sur le feu pendant 15 min. La durée totale de la cuisson est d'environ 45 min. Quand la bouillie est prête, elle est distribuée aux enfants avant que sa température descende en dessous de 50°C.

Le coût réel d'une ration a été estimé à 223 Ariary en 2004 ; la structure de ce coût est donné en *annexe 2*. Après des études préliminaires sur le prix que la plupart des enfants étaient capables de payer, il a été décidé de subventionner en grande partie la vente de la bouillie dont le prix pour une ration a été fixé à 40 Ariary en 2004 et à 50 Ariary en 2005.

3.3.4. Education nutritionnelle réalisée dans le cadre du programme

La distribution de la collation s'est accompagnée d'une sensibilisation des enfants à l'importance de l'alimentation et de l'hygiène, à l'existence et aux caractéristiques des différents groupes d'aliments et aux conséquences de la malnutrition. Les messages d'éducation nutritionnelle qui leur ont été transmis avaient pour objectifs d'encourager une consommation alimentaire adaptée aux besoins nutritionnels et de promouvoir un mode de vie sain. Des outils comme des cartes conseils, des posters et des dessins animés ont été utilisés.

4. Importance et stratégies d'amélioration de la biodisponibilité du fer, du zinc et de l'amidon dans les aliments à base de céréales et de légumineuses

Les déficiences aux niveaux des apports en énergie, en fer et en zinc et leurs conséquences sur la santé des enfants d'âge scolaire ont été évoqués dans divers travaux (Haas & Brownlie IV, 2001; Lukaski, 2004; Salgueiro *et al*, 2002). De nombreuses stratégies de lutte contre ces déficiences peuvent être mises en oeuvre : la supplémentation, l'enrichissement ou fortification, la diversification alimentaire et la modification des procédés technologiques utilisés pour la transformation des aliments, accompagnées de mesures globales de santé publique et de contrôle des infections et des pathologies (Berger, 2002).

Dans le cadre du PAS-Nutrimad, la fortification associée à l'utilisation de procédés technologiques adaptés pour la préparation des ingrédients de base, à savoir le maïs et l'arachide, ont été mises en oeuvre afin d'obtenir, d'une part, une meilleure biodisponibilité du fer et du zinc incorporés et, d'autre part, une meilleure digestibilité de l'amidon. La nature et l'importance des approches pouvant être utilisées pour améliorer les teneurs en nutriments biodisponibles sont récapitulées ci-dessous.

4.1. Le fer et le zinc

4.1.1 Importance en nutrition humaine

4.1.1.1. Fonctions dans l'organisme et métabolisme

- Le fer

Le fer, élément indispensable à la croissance et à la survie des organismes, joue un rôle essentiel dans de nombreuses fonctions biologiques: transport de l'oxygène par l'intermédiaire de l'hémoglobine des poumons vers les tissus de l'organisme ; stockage de l'oxygène des muscles en tant que composant essentiel de la myoglobine ; synthèse de l'ADN en tant que coenzyme de la ribonucléotide réductase ; activité d'oxydoréduction de nombreuses enzymes mitochondriales. Il participe également au métabolisme neuronal (De Deungria *et al*, 2000) et peut affecter les fonctions cognitives et comportementales.

Le fer provient, soit de l'alimentation, soit du recyclage du fer à partir de la lyse des globules rouges. On le rencontre dans l'organisme humain sous 2 formes: le fer héminique dont 60 à 70% dans l'hémoglobine et 30 à 40% dans la myoglobine et le fer non héminique stocké dans l'organisme sous forme de ferritine (Cadet *et al*, 2005). L'absorption du fer est régulée par le contenu total en fer de l'organisme, l'activité érythropoïétique, l'hypoxie, le contenu en fer et la nature de l'alimentation (Morgan & Oates 2002). Sa forme de transport dans le plasma est la transferrine ou sidérophiline et les réserves en fer sont localisées au niveau du foie, de la rate, de la moelle osseuse et des muscles squelettiques.

- Le zinc

Le zinc est un composant essentiel de plus de 300 enzymes et participe à la synthèse et à la dégradation des glucides, des lipides, des protéines et de plusieurs processus biologiques (Black 1998). Il joue un rôle dans l'expression des gènes qui régulent la croissance cellulaire et le développement neurologique (Hambidge, 2000). Par ailleurs, il est très présent dans le cerveau et semblerait moduler la transmission des signaux nerveux (Black, 1998 ; Bhatnagar & Taneja, 2000).

Le zinc endogène peut être réabsorbé au niveau des segments distaux de l'intestin ou finalement excrété avec les fèces. Comme le fer, l'absorption du zinc contenu dans les

aliments est fortement dépendant de la présence de facteurs antinutritionnels dans la matrice alimentaire.

4.1.1.2. Conséquences des carences

- En fer

Les carences en fer peuvent être dues à des pertes importantes en cas d'hémorragies ou à une mauvaise alimentation. Elle se traduit, par une altération des fonctions du cerveau et de la compétence immunitaire, par la diminution de l'aptitude au travail et par l'anémie qui menace les groupes à risque notamment les enfants et les femmes allaitantes (Gordon, 2003). Un impact important de ces carences sur le développement physique, les capacités cognitives, l'attention, la mémoire et la faculté d'apprentissage a été démontré chez les jeunes enfants (Hurtado *et al*, 1999). Par ailleurs, une amélioration de la valeur du «mental development index» a été observée chez les enfants anémiés après supplémentation en fer (Walter *et al*, 1983).

- En zinc

Les carences en zinc peuvent résulter d'apports insuffisants, d'une mauvaise absorption ou d'une augmentation des besoins à des périodes comme la grossesse, l'allaitement ou encore pendant la croissance pour les enfants et les adolescents.

Quelques études ont révélé que cette carence affecte le système immunitaire et les fonctions cérébrales en provoquant de nombreuses malformations du système nerveux en périodes embryonnaire et postnatale (Penland, 2000; Castillo-Duran *et al*, 2001). Il y aurait une relation entre la déficience en zinc, la cognition et le fonctionnement moteur, au moins parmi les enfants les plus vulnérables (Black, 1998).

4.1.2. Biodisponibilité

4.1.2.1. Définition

La biodisponibilité d'un nutriment contenu dans un aliment est la proportion de ce nutriment qui est utilisable pour assurer les fonctions de l'organisme (Fairweather-Tait, 1992; Jackson, 1997).

L'absorption d'un nutriment au niveau de l'intestin peut être influencée par plusieurs facteurs notamment par la forme chimique du composé dans lequel il est contenu, par la présence de composés activateurs ou inhibiteurs dans le régime alimentaire et par le statut en micronutriments de l'individu (Olivares *et al*, 2001). Les composés activateurs forment des composés solubles avec les minéraux tandis que les inhibiteurs produisent des complexes insolubles difficilement absorbés.

4.1.2.2. Méthodes d'évaluation

- Les méthodes *in vivo*

Trois types de méthodes *in vivo* existent: celle utilisant le modèle animal, qui consiste à fournir les sources de fer étudiées à des rats anémiés et à mesurer leur taux d'hémoglobine (Forbes *et al*, 1980), la méthode des bilans mise en œuvre à l'occasion d'essais cliniques réalisés sur l'homme (Wienk *et al*, 1999) et les méthodes utilisant des traceurs isotopiques.

- Les méthodes *in vitro*

Les méthodes *in vitro* utilisées sont l'extractibilité du fer ionisable, la méthode de digestion *in vitro* et l'utilisation du modèle cellulaire Caco-2. Elles permettent de travailler sur un nombre important d'échantillons et de déterminer l'effet des inhibiteurs ou des activateurs sur la biodisponibilité des minéraux ou encore l'impact des procédés technologiques appliqués.

La méthode de digestion *in vitro* consiste à reproduire les conditions physiologiques de la digestion. Elle comprend une digestion gastrique à pH acide (pH=2), faisant intervenir l'enzyme pepsine, et une digestion intestinale, faisant agir la pancréatine et l'extrait de bile à pH=7. Cette méthode a été largement utilisée dans l'étude des facteurs améliorant ou inhibant la biodisponibilité des minéraux particulièrement celle du fer et dans l'étude de l'influence des traitements technologiques subis par les aliments (Miller *et al*, 1981; Hurrell *et al*, 1989 ; Lestienne, 2004). Des modifications ont été apportées par Lönnerdal *et al* (1993) et Bermejo *et al* (2002), pour estimer la biodisponibilité du fer et du zinc dans le lait humain, dans le soja et maïs fermentés et dans les aliments pour jeunes enfants, en récupérant les minéraux solubles par centrifugation. Des auteurs comme Kiers *et al* (2000) ont également proposé une méthode de digestion *in vitro* suivie d'une dialyse et d'une fermentation.

4.1.3. Composés chimiques influençant la faible biodisponibilité du fer, du zinc dans les aliments à base de céréales et de légumineuses

4.1.3.1. Activateurs de la biodisponibilité

- L'acide ascorbique et les autres acides organiques

L'acide ascorbique est un activateur potentiel de l'absorption du fer (Davidsson, 2003). Des auteurs ont montré que son incorporation dans l'aliment permet d'augmenter la biodisponibilité du fer (Binata Nayak & Madhavan Nair, 2002 ; Martinez *et al*, 2004). En Jamaïque, l'ajout d'acide ascorbique dans du lait chocolaté fortifié par du fumarate de fer s'est traduit par une augmentation de la digestibilité du fer proportionnelle à la teneur en acide ascorbique ajouté (Davidsson *et al*, 1998). Cette faculté réside dans la capacité de l'acide ascorbique à réduire le fer ferrique en fer ferreux, la forme la plus soluble au pH de l'estomac (Allen, 1996).

Outre l'acide ascorbique, d'autres acides organiques comme l'acide citrique, l'acide lactique, l'acide malique ont la même propriété d'activer l'absorption du fer lorsqu'ils sont présents en quantité optimale et à condition de ne pas dépasser des seuils au-delà desquels d'autres problèmes pourraient apparaître (Derman *et al*, 1980; Ballot *et al*, 1987).

- Les protéines animales

Selon Perez-Llamas (1996) et Hurrell *et al* (2006), la présence de peptides de faible poids moléculaire durant le processus de la digestion a une influence positive sur la biodisponibilité du fer extrinsèque.

- L'EDTA (acide éthylène diamine tétra-acétique)

L'EDTA est un élément habituellement incorporé aux aliments pour améliorer la biodisponibilité du fer (INACG, 1993). Il a la propriété de se combiner aux minéraux formant un complexe les protégeant des facteurs antinutritionnels (Davidsson *et al*, 2001). Incorporé à l'aliment véhicule (sucre, sauce de poisson, curry, riz, sel...), il a une action très efficace sur la biodisponibilité des minéraux particulièrement celle du fer comme cela a été confirmé par les études réalisées par plusieurs auteurs (Mac Phail *et al*, 1994; Mannar *et al*, 2002; Thuy *et al*, 2003).

4.1.3.2. Inhibiteurs de la biodisponibilité

- L'acide phytique

L'acide phytique (myoinositol hexakiphosphate IP6), généralement présent dans les grains de céréales et légumineuses, constitue la principale réserve de phosphore des plantes. Il est le responsable majeur de la faible biodisponibilité du fer, du zinc et d'autres minéraux en formant un complexe insoluble non absorbé au niveau de l'intestin (Dogra *et al*, 2001; Angel

et al, 2002). Il est toutefois dégradé au cours de procédés thermiques et surtout biologiques (Lestienne, 2004 ; Bilgiçli *et al*, 2006).

- Les fibres

Les fibres sont constituées de fractions solubles et insolubles agissant différemment au niveau de l'organisme. Les celluloses, certaines hémicelluloses et la lignine sont les principaux composants des fibres insolubles et ont la propriété de chélater les cations. Les travaux réalisés par Lestienne *et al* (2005a, 2005b) indiquent que la présence de fibres dans les grains de mil (*Pennisetum glaucum*) joue un rôle important dans la chélation d'une grande proportion de fer et de zinc. Néanmoins, l'utilisation d'enzymes telles que les cellulases permettent de détruire totalement ou partiellement la paroi végétale, entraînant la libération de 20% de fer et de zinc total (Hocquellet & L'Hotellier, 1997). L'emploi d'autres enzymes comme les xylanases favorise aussi la destruction de la structure pariétale des végétaux (Beaugrand, 2004).

- Les polyphénols

Les polyphénols largement distribués dans les végétaux sont considérés comme des métabolites secondaires car ils ne sont pas impliqués directement dans un processus métabolique. Toutefois, des études ont montré que le thé, le café et le vin rouge inhibent l'absorption du fer (Morck *et al*, 1983; Bezwoda *et al*, 1985; Cook *et al*, 1995). La formation de complexes insolubles fer-tanin est sûrement en cause et une réduction jusqu'à 60% de la biodisponibilité du fer dans un aliment est observée quand on boit 200 à 250 ml de thé.

- Les protéines

Durant la digestion, les protéines, notamment celles contenues dans les céréales et les légumineuses, sont transformées en peptides qui peuvent gêner l'absorption du fer au niveau de l'intestin. L'ampleur de ce phénomène dépend de la nature et du poids moléculaire de ces peptides (Kane & Miller, 1984). Par ailleurs, les liaisons qui se créent entre les protéines et les phytates contribuent à diminuer la biodisponibilité du fer et du zinc.

4.1.4. Effets des procédés technologiques sur la biodisponibilité

4.1.4.1. Les procédés thermiques

Les traitements thermiques sont soit traditionnels (grillage, torréfaction, cuisson à l'eau), soit modernes (utilisation de four à micro-onde, autoclavage, cuisson-extrusion). La mise en œuvre de ces traitements favorise une dégradation partielle des facteurs antinutritionnels pouvant aboutir à une amélioration de la biodisponibilité des minéraux (Alonso *et al*, 2001 ; Viadel *et al*, 2006).

4.1.4.2. Les procédés chimiques

Les procédés chimiques par ajout de molécules, par modifications du pH ou par ajout d'enzymes modifient la structure des aliments.

Des enzymes produites industriellement sont souvent utilisées pour améliorer la biodisponibilité du fer en alimentation animale ou humaine (Davidsson *et al*, 1997). Les plus utilisées sont les phytases d'origine animale, végétale ou microbienne (Han *et al*, 1997; Sandberg & Andlid, 2002), responsables de la dégradation de l'acide phytique.

4.1.4.3. Les procédés biologiques

Le trempage, la germination et la fermentation sont les procédés traditionnels les plus utilisés dans les voies d'amélioration de la biodisponibilité des minéraux et la réduction des facteurs antinutritionnels (Gibson & Hotz, 2001; Kaur & Kawatra, 2002; Duhan *et al*, 2004).

Une étude réalisée sur des graines de haricot a révélé une diminution de la teneur en phytate et en polyphénols lorsqu'elles sont mises à tremper (Elmaki *et al*, 2007). Cependant, ce procédé entraîne une diminution de la teneur en éléments minéraux.

La germination permet de réduire les teneurs en facteurs antinutritionnels (El Adawy, 2002) et d'améliorer la biodisponibilité des minéraux dans les graines de céréales et de légumineuses (Ghavidel & Prakash, 2006 ; Razafindrazaka, 2006).

La fermentation favorise la solubilisation des minéraux par production d'acides organiques.

4.2. Caractéristiques de l'amidon et procédés d'amélioration de sa digestibilité

4.2.1. Les caractéristiques de l'amidon

4.2.1.1. Structure et composition

L'amidon constitue la substance de réserve de nombreux végétaux et se trouve sous forme de granules organisés en une structure alternée de forme semi-cristalline et de forme amorphe. Il est stocké dans les graines, les tubercules, les rhizomes et les bulbes et est composé de deux macromolécules (Tester *et al*, 2004) (Figure I/1):

- l'amylose, représentant 10 à 30% de l'amidon, est caractérisé par une structure linéaire de 1-4 de molécules de α -D-glucose, capable de former une hélice pouvant complexer des molécules hydrophobes comme les acides gras,
- l'amylopectine, représentant 70 à 90% de l'amidon, est caractérisée par une structure ramifiée d'enchaînements 1-6 de molécules de α -D-glucose qui constituent les ramifications.

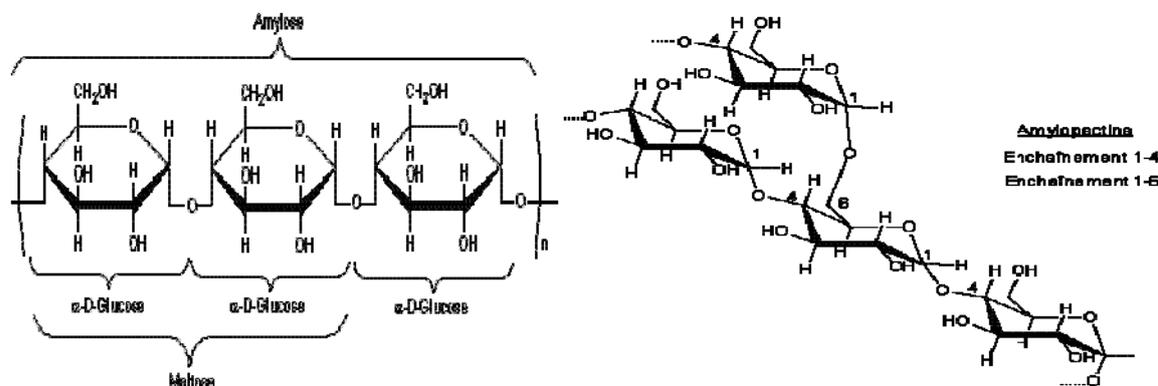


Figure I/1: Structure de l'amylose et de l'amylopectine

4.2.1.2. Propriétés physico-chimiques

Les granules d'amidons à l'état natif sont insolubles dans l'eau et forment une phase dispersée. Cependant, les traitements mécaniques (broyage, cisaillement) et hydrothermiques (cuisson) peuvent endommager la structure de l'amidon qui devient alors accessible à l'attaque amylasique.

Au cours du traitement hydrothermique, l'amidon passe par trois étapes successives. A 60-70°C, l'organisation granulaire de l'amidon est détruite par phénomène de gonflement ou d'empesage. La poursuite de la cuisson augmente la viscosité, la phase de gélatinisation intervient. Quand l'empois d'amidon se refroidit, on observe la rétrogradation qui se caractérise par l'augmentation de la viscosité de la solution et la réorganisation des macromolécules. On note ainsi la réapparition d'un réseau d'amylose et d'une structure plus ou moins ordonnée de l'amylopectine.

4.2.2. La digestibilité de l'amidon et le procédé d'amélioration par le processus enzymatique

La digestibilité de l'amidon natif dépend de son origine botanique (Goni *et al*, 1997), de la taille des granules qui affecte l'accessibilité de l'amidon aux enzymes, du rapport amylose/amylopectine (Juliano & Goddard, 1986), des procédés de transformation qui influent sur le niveau de dégradation de l'amidon (Sagum & Arcot, 2000) et de la présence du complexe amylose-lipide qui ralentit la digestion de l'amylose en réduisant le contact entre l'enzyme et le substrat (Crowe *et al*, 2000).

Afin d'améliorer la digestibilité de l'amidon, plusieurs procédés, notamment enzymatiques, ont été développés. Les procédés enzymatiques mettent en œuvre des sources amyliques qui hydrolysent les liaisons glucosidiques de l'amidon. L'hydrolyse permet de détruire partiellement les chaînes d'amylose et d'amylopectine et de conférer aux enzymes amylolytiques, une plus grande accessibilité. Des amylases d'origine diverse sont utilisées, bactérienne ou fongique produite au cours de la fermentation, amylase d'origine végétale produite par les céréales ou les légumineuses lors de la germination et des amylases purifiées, produites industriellement, comme la BAN (Bacterial Amylase Novo) 800.

Cette dernière amylase est la mieux adaptée pour être incorporée dans une farine infantile. Elle a une activité optimale à 72°C et elle est donc particulièrement active pendant la cuisson des farines au moment où la gélatinisation de leur amidon débute (entre 55 et 75°C). A partir de 85°C et après une durée d'ébullition suffisante, l'enzyme BAN est dénaturée, ce qui l'empêche de continuer à dépolymériser les maltodextrines apparues grâce à son action et prévient toute réaction allergique.

PARTIE II

Diagnostic de l'environnement familial, scolaire et de l'état nutritionnel des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo

Introduction

Il existe un consensus international sur un cadre conceptuel qui montre que la malnutrition est le résultat d'interactions complexes entre différents facteurs à différents niveaux notamment le contexte familial, social ainsi que l'environnement scolaire pour les enfants (Müller & Krawinkel, 2005). Ce cadre a été adopté pour la conception de travaux de recherche et de programmes d'intervention visant à améliorer la situation.

En effet, l'école constitue un endroit stratégique pour atteindre les enfants, non seulement pour améliorer leur éducation mais également pour promouvoir leur alimentation. Il offre un cadre idéal pour la mise en place des programmes de nutrition et de santé dont les messages nutritionnels peuvent être véhiculés par les enseignants (Kubik *et al*, 2005).

Cette partie de la thèse a pour objectifs d'établir un diagnostic de l'environnement scolaire et familial des enfants et de leur état nutritionnel avant la mise en œuvre du PAS-Nutrimad. Présentée en deux chapitres, elle s'est fixée comme objectifs, d'une part, d'obtenir des informations sur les familles et les écoles, et d'autre part, d'évaluer l'état nutritionnel des enfants tout en identifiant les facteurs en cause. Le deuxième chapitre a fait l'objet d'une proposition d'article à la revue électronique *e-Santé*.

Chapitre 1:

Environnement scolaire et familial des élèves

Introduction

Il est généralement reconnu que l'environnement scolaire (caractéristiques des enseignants, qualité de l'enseignement dispensé, infrastructures disponibles au niveau et autour de l'école...) a un effet sur les résultats scolaires (Pollitt, 1984). Les données disponibles à Madagascar sur ce sujet sont peu nombreuses. On peut néanmoins citer les travaux de Glick *et al* (2005) qui ont notamment montré que, dans les Ecoles Primaires Publiques au niveau national, 95% des enseignants en milieu urbain étaient des fonctionnaires, que moins de 12% des instituteurs avaient le diplôme d'enseignant et que 40% des écoles étaient en mauvais ou très mauvais état. Un rapport réalisé par le PNUD (2006) a, par ailleurs, mentionné que seulement, respectivement 12%, 4% et 4% des écoles possédaient un local pour le directeur, une bibliothèque et une cantine et que même les infrastructures de base étaient souvent absentes : 36% de écoles ne disposaient ni de toilettes ni de latrine et 79% ne disposaient pas d'un point d'eau potable.

Les caractéristiques des familles sont mieux documentées dans la mesure où l'Institut National de la Statistique de Madagascar (INSTAT) réalise tous les ans des enquêtes auprès des ménages. Les informations les plus récentes recueillies sur ceux d'Antananarivo (INSTAT, 2004 ; 2005) mettent en évidence que la taille moyenne des ménages est de 4,8 personnes et que, parmi la population âgée de 4 ans ou plus, 21% des personnes étaient non scolarisées, 58% avaient fréquenté l'enseignement primaire et 21% étaient allés au collège ou à l'université. Par ailleurs, les informations recueillies sur l'équipement des ménages montrent que 75% des maisons étaient raccordées au réseau électrique, que respectivement 92%, 25%, 89%, 64% et 65% des ménages possédaient une radio, une télévision, un lit, des chaises et une table.

Des travaux ont montré que certaines caractéristiques des familles (niveau d'instruction des parents, revenu familial, taille de la famille...) influent sur les habitudes et/ou la consommation alimentaire, se répercutant sur l'état nutritionnel des personnes vulnérables notamment les enfants (Dostie *et al*, 2000; INSTAT, 2004; 2005) et qu'elles peuvent influencer sur les performances scolaires (Arestoff & Bommier, 1999; Dumont, 1999 ; Deleigne & Miauton, 2001).

Pour en tenir compte au niveau de la définition des stratégies mises en œuvre, il a été décidé dans le cadre du PAS-Nutrimad de recueillir des informations suffisamment précises sur l'environnement scolaire et familial des élèves des EPP concernées par ses activités. L'objet de ce chapitre est de synthétiser les données les plus importantes de ce diagnostic auquel j'ai participé.

Méthodologie

1. Lieu d'étude

L'étude a été réalisée au niveau de 23 écoles primaires publiques réparties sur l'ensemble des 6 arrondissements de la CUA (*annexe 3*). Ces écoles sont celles qui ont été proposées, parmi les 90 EPP de la ville, par les responsables de la CISCO pour bénéficier du PAS-Nutrimad. Le recueil d'informations a été réalisé au cours de l'année scolaire 2004-2005 pour 15 écoles et au cours de l'année scolaire 2005-2006 pour les 8 autres.

2. Recueil des données

Le recueil des données a été réalisé auprès de trois sources d'information : les directeurs d'écoles, les enseignants et les élèves et leurs familles.

Un questionnaire a été distribué aux directeurs des 23 écoles afin de recueillir des données sur la capacité d'accueil de l'école (*nombre total d'élèves, nombre de classes*), sur ses infrastructures (*présence d'eau courante, d'un local-bureau pour le directeur, d'une bibliothèque, d'une salle informatique, d'une boîte à pharmacie...*) et sur les infrastructures du quartier de l'école (*existence de route goudronnée, d'un collège, d'un lycée, d'un poste de police ou de gendarmerie, d'une ligne téléphonique...*) (*annexe 4*). Ces données ont été comparées à celles contenues dans une base de données établie par le Bureau de Développement d'Antananarivo ([BDA, 2007](#)).

Un autre questionnaire a été utilisé avec les enseignants des 23 écoles pour des informations relatives à leur âge, à leur sexe, à leur niveau d'études, à la durée des différentes formations reçues ainsi qu'à leur ancienneté dans l'école (*annexe 5*).

Enfin une enquête transversale et exhaustive par questionnaire (*annexe 6*) a été réalisée auprès des familles des élèves des 23 EPP. Le questionnaire a été distribué à chacun des élèves en leur demandant de le faire remplir par leurs parents. Les informations recueillies auprès des familles concernent :

- le niveau scolaire atteint par chacun des deux parents ou par les personnes s'occupant de l'enfant;
- la possession de cinq «biens» identifiés à l'occasion d'enquêtes précédentes comme de bons indicateurs du niveau économique de la famille. Il s'agit, d'une part, de l'accès au réseau électrique et, d'autre part, de la possession d'une télévision, d'une radio, d'une table et de mobiliers de salon;
- le nombre d'enfants à leur charge;
- l'argent de poche donné à l'enfant la dernière fois qu'il est allé à l'école

3. Traitement des données

Les données ont été saisies dans une base de données Access puis analysées sous *Statgraphics Plus version 5.0*.

Le traitement s'est attaché à calculer des moyennes avec écart-type pour les variables quantitatives et des fréquences pour les variables qualitatives.

Résultats et discussion

1. Caractéristiques des écoles et de leurs quartiers

Les effectifs d'élèves et d'enseignants ainsi que le nombre de classes par écoles concernées par le PAS-Nutrimad sont présentés dans le tableau II/1-1 et comparés à ceux des 90 EPP de la ville d'Antananarivo.

Tableau II/1-1: Comparaison de quelques caractéristiques des 23 écoles du PAS-Nutrimad à celles des autres écoles de la CUA

	Dans les 90 EPP de la CUA	Dans les 23 écoles du PAS-Nutrimad	
	Selon le BDA ¹	Selon le BDA ¹	Selon la présente étude (2004-2006)
Nombre d'élèves / école ²	666±395 (100 - 2303)	770±338 (353 - 1698)	832±324 (371 - 1585)
Nombre de salles de classe / école ²	8,4±4,8 (3 - 30)	9,0±4,2 (5 - 24)	9,6±4,4 (5 - 24)
Nombre d'enseignants / école ²	15,8±7,6 (5 - 48)	18,6±6,8 (10 - 36)	16,5±6,1 (8 - 32)
Nombre de classes / école ² (CP1 à CM2)	-	-	17,0±6,4 (8 - 32)
Nombre d'élèves / salle de classe ³	82,3±27,2 (6 - 150)	87,4±19,4 (50 - 126)	52,1±9,6 (41 - 82)
Nombre d'élèves / enseignant ³	41,1±9,9 (17 - 68)	41,1±7,5 (27 - 55)	50,6±11,5 (36 - 90)
Nombre d'élèves / classe ³ (CP1 à CM2)	-	-	49,7±11,2 (8 - 32)

¹ Données extraites de la base de données du Bureau de Développement d'Antananarivo (2007) pour l'année scolaire 2006-2007 en ne retenant que les écoles existantes en 2004-2005

² Moyenne±écart-type (valeurs extrêmes)

³ Moyenne±écart-type (valeurs extrêmes) des valeurs moyennes calculées par école

L'effectif total moyen des 23 écoles de notre étude est de 832 élèves. Chaque école possède en moyenne 10 salles de classe et 17 enseignants correspondant à 17 classes de CP1 à CM2. L'effectif moyen par salle de classe est de 52 élèves et chaque instituteur enseigne en moyenne 51 élèves.

L'effectif total des élèves et le nombre d'élèves par salle de classe et par enseignant relevés au cours de notre étude réalisée en 2004 et 2005 diffèrent sensiblement des chiffres recueillis par le BDA en 2007 dans ces mêmes 23 écoles. En revanche, les nombres de salles de classe et d'enseignants sont assez comparables. Les différences observées vont dans le sens d'une amélioration des modalités de scolarisation des enfants entre 2004 et 2007.

A partir des informations données par le BDA, la comparaison des caractéristiques des 23 écoles retenues pour bénéficier du PAS-Nutrimad à celles des 90 EPP de la CUA existantes en 2004-2005 montre que l'effectif des écoles retenues pour le PAS-Nutrimad est sensiblement plus élevé que celui de l'ensemble des écoles mais que le nombre d'élèves par enseignant ou par salle de classe n'est pas sensiblement différent. On peut donc considérer les 23 écoles retenues pour le PAS-Nutrimad comme relativement représentatives de l'ensemble des EPP de la CUA.

Les équipements et matériels que possèdent les 23 écoles concernées par cette étude sont consignés dans le tableau II/1-2.

Tableau II/1-2 : Equipements et matériels existant au sein des 23 écoles du PAS-Nutrimad (nombre et pourcentage d'écoles possédant l'équipement considéré)

Local pour le directeur	22 (96 %)
Magasin pour le stockage de matériel	13 (57%)
Bibliothèque	4 (17%)
Salle de maîtres	5 (22%)
Salle d'informatique	2 (9%)
Logement de service	6 (26%)
Cantine scolaire gratuite	0 (0%)
Terrain de sport	5 (22%)
Clôture autour de l'école	18 (78%)
Raccordement à l'électricité	23 (100%)
Boîte à pharmacie	21 (91%)
Point d'eau potable	22 (96%)

Les écoles sont toutes raccordées à l'électricité et la quasi-totalité d'entre elles disposent d'un local pour le directeur (96%), d'une boîte à pharmacie (91%) et d'un point d'eau potable (96%). Mais seulement, respectivement, 4, 2 et 5 écoles sur 23 possèdent une bibliothèque, une salle d'informatique et un terrain de sport. Aucune des 23 écoles concernées n'ont accès à une cantine scolaire gratuite.

Les infrastructures présentes dans les quartiers des écoles sont présentées dans le tableau II/1-3.

Tableau II/1-3 : Infrastructures existantes dans les quartiers des 23 écoles (nombre et pourcentage de quartiers possédant les infrastructures citées)

Route goudronnée	21 (91%)
Collège	18 (78%)
Lycée	16 (70%)
Réseau téléphonique	9 (39%)
Gendarmerie	7 (30%)
Banque	11 (48%)
Caisse d'épargne	5 (22%)

La plupart des quartiers (91%) sont reliés à d'autres quartiers par une route goudronnée. Respectivement, 78% et 70% ont un collège et un lycée. Des agences d'institutions financières comme les banques (48%) et la caisse d'épargne (22%) sont présentes dans la environ la moitié des quartiers laissant supposer l'existence d'activités économiques notables.

2. Caractéristiques des instituteurs

Les caractéristiques des enseignants des 23 EPP sont résumées dans le tableau II/1-4. L'âge moyen des enseignants est de 50 ans. Seulement 20% d'entre eux ont moins de 45 ans et près des deux tiers (65%) appartiennent à la classe d'âge de 46 à 55 ans, indiquant un vieillissement de la population enseignante. Le nombre moyen d'années d'enseignement est de 22 ans, avec plus de 70% ayant plus de 20 ans d'enseignement ce qui laisse supposer une très grande expérience du métier.

Sauf 0,3% des instituteurs ont déclaré ne pas avoir au moins fréquenté le collège. 65% se sont arrêtés au niveau du lycée et moins de 5% sont allés à l'université. Le Brevet d'Etudes du Premier Cycle (BEPC) est le diplôme le plus élevé obtenu par 88% d'entre eux ; seulement 10% ont eu le Baccalauréat et seulement 1,3% ont obtenu un diplôme de l'enseignement supérieur. 82% des enseignants sont en possession d'un diplôme d'enseignant (CAP ou CAE).

La durée de la formation pédagogique initiale reçue par 88% d'entre eux est d'au moins un mois. Au cours de cette formation, 57% ont eu une formation pratique de moins de 30 jours. La quasi-totalité des enseignants (99%) avaient reçu une formation complémentaire au cours des deux années précédant l'enquête

Tableau II/1-4: Caractéristiques des instituteurs des 23 écoles concernées par le PAS-Nutrimad

		Effectif	
Répartition par classe d'âge (%)	≤ 45 ans	369	19,8
	45 à 55 ans		64,6
	> 55 ans		15,2
Age moyen (<i>Moyenne ± écart-type (valeurs extrêmes)</i>)			49,8±6,0 (27 – 60)
Répartition par nombre d'années d'ancienneté d'exercice de l'enseignement	< 20	375	29,7
	20 à 30		59,0
	> 30		11,3
Nombre moyen d'années d'enseignement ²			21,7±9,3 (0 – 42)
Niveau d'instruction (%)	<i>Inférieur au collège</i>	379	0,3
	<i>Collège</i>		30,3
	<i>Lycée</i>		65,2
	<i>Université</i>		4,2
Diplôme le plus élevé obtenu (%) ¹	<i>CEPE</i>	379	1,1
	<i>BAE ou BEPC</i>		87,6
	<i>Baccalauréat</i>		10,0
	<i>Diplôme de l'enseignement supérieur</i>		1,3
Possession du diplôme d'enseignant (%)	<i>Oui</i>	379	82,3
	<i>Non</i>		17,7
Répartition en fonction de la durée de la formation pédagogique initiale	<i>Aucune</i>	379	6,6
	<i>Moins d'un mois</i>		5,8
	<i>1 à 3 mois</i>		37,7
	<i>3 à 9 mois</i>		26,1
	<i>1 année scolaire et plus</i>		23,8
Formation pratique (%)	<i>Aucune</i>	379	15,6
	<i>Moins de 30 jours</i>		55,9
	<i>Plus de 30 jours</i>		28,5
Formation complémentaire (%)	<i>Oui</i>	378	98,7
	<i>Non</i>		1,3

3. Caractéristiques socio-économiques des familles

Les informations recueillies sur les caractéristiques des familles des élèves des 23 EPP sont résumées dans le tableau II/1-5. Des informations ont pu être recueillies auprès de 90,0% des familles pour lesquelles les élèves ont ramené la fiche de renseignements qui leur avait été confiée pour la faire remplir par leurs parents.

Seulement 19% des enfants ont moins de 3 frères ou sœurs et près d'un quart en ont au moins 5. La quasi-totalité des parents qui se sont exprimés ont déclaré avoir au moins fréquenté l'école primaire ou être alphabétisés. Les pères sont plus instruits que les mères: 61% d'entre eux (*vs* 52% pour les mères) ont fréquenté un collège. Les deux tiers des familles sont raccordés à l'électricité et près de 60% possèdent une télévision. Plus de 80% possèdent une radio et une table, mais seulement 30% disposent de meubles de salon. Concernant les

fréquences de bien possédés, les valeurs observées sont légèrement supérieures pour la possession de table (86% vs 75%) à celles enregistrées en milieu urbain au niveau national par l'INSTAT (2005) et très supérieures (67% vs 12%) en ce qui concerne le raccordement à l'électricité aux valeurs observées en 2003 dans le quartier d'Isotry lors d'une enquête auprès de 500 ménages (Andrianjaka et Droy, 2003).

Tableau II/1-5: Caractéristiques socio-économiques des familles des enfants des 23 écoles

Critères étudiés		Effectif	%
Taille de la fratrie (%)	≤ 3	17065	19,0
	4 ou 5		56,9
	> 5		24,1
Niveau d'instruction de la mère (%)	Non scolarisé	15937	2,7
	Alphabétisé ou primaire		45,3
	Collège		44,0
	Lycée ou études supérieures		8,0
Niveau d'instruction du père (%)	Non scolarisé	14976	1,9
	Alphabétisé ou primaire		37,1
	Collège		47,3
	Lycée ou études supérieures		13,7
Biens possédés par la famille	Raccordement au réseau électrique	17071	66,6
	Radio		83,1
	Télévision		59,3
	Table		86,0
	Mobiliers de salon		30,4

Conclusion

Ces premiers résultats donnent un aperçu de l'environnement scolaire et de la situation socio-économique des familles des élèves des 23 écoles primaires publiques d'Antananarivo ayant bénéficié de la mise en oeuvre du PAS-Nutrimad à partir de 2004.

Concernant l'environnement scolaire, les effectifs des élèves dans les 23 écoles sont très variables, allant de 371 à 1585 élèves. Le nombre de salles de classe (de 5 à 24) et celui d'enseignants (de 8 à 32) varient en fonction de l'effectif total des élèves. L'âge moyen des instituteurs est de 50 ans et plus de 60% d'entre eux possèdent au moins 20 années d'enseignement. Plus de 80% possèdent un diplôme d'enseignant et la quasi totalité a reçu une formation pédagogique. Les informations recueillies sur l'équipement des écoles semblent indiquer qu'elles sont sensiblement mieux équipées que l'ensemble des écoles au niveau national (PNUD, 2006).

Les informations recueillies auprès de familles montrent que la majorité des parents a été scolarisée même si peu d'entre eux ont fréquenté le lycée ou l'université. Les enfants sont en général issus de familles nombreuses de plus de 4 enfants. Les deux tiers des logements des familles sont raccordés au réseau électrique et la grande majorité possède un mobilier de base.

Références bibliographiques

- Aide et Action. Programme d'appui à l'éducation de base dans l'agglomération d'Antananarivo: Etude de faisabilité. Aide et Action: Antananarivo, 2000; 110p.
- Andrianjaka H, Droy I. Dynamique de la formation du capital humain et durabilité sociale: formation et scolarisation dans un quartier défavorisé d'Antananarivo, Madagascar. Troisième conférence sur l'Approche

- des Capacités «d'un développement viable a une liberté durable», Université de Pavie, Italie, 8-10 septembre 2003.
- Arestoff F, Bommier A. Efficacité relative des écoles publiques et privées de Madagascar: étude d'une période de restriction budgétaire. Antananarivo: Aide et Action, 1999; 22p.
- Deleigne MC, Miauton F. Education et pauvreté à Madagascar : une problématique à reconsidérer. La pauvreté à Madagascar-Etat des lieux, facteurs explicatifs et politiques de réduction. Antananarivo, 2-5 février 2001; 17p.
- Dostie B, Haggblade S, Randriamamonjy J. Saisonnalité de la consommation alimentaire des ménages pauvres à Madagascar. Etats-Unis:USAID, 2000; 58p.
- Dumont JC. Les effets de la capacité physique sur les acquisitions de compétence: une application au cas de Madagascar. Québec: CREFA (Centre de Recherche en Economie et Finance Appliquées), 1999; 24p.
- Glick P, Rajemison H, Ravelo A, Raveloarison Y, Razakamanantsoa M, Sahn DE. The progression through school and academic performance in Madagascar study: Preliminary descriptive results. Antananarivo: INSTAT, 2005; 107p.
- INSTAT. Enquête Périodique auprès des Ménages 2004. Antananarivo: INSTAT, 2004; 190p.
- INSTAT. Enquête Périodique auprès des Ménages 2005. Antananarivo: INSTAT, 2005; 238p.
- Kubik MY, Lytle LA, Story M. Schoolwide food practices are associated with Body Mass Index in middle school students. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005;Vol 159:1111-1114.
- Müller O, Krawinkel M. Malnutrition and health in developing countries. *JAMC* 2005,173(3):279-286.
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement). Rapport National sur le Développement Humain 2006 « Les technologies de l'information et de la communication et Développement humain». PNUD: Madagascar, 2006, 249p.
- Pollitt E. Nutrition et résultats scolaires (Collection éducation nutritionnelle). Paris: UNESCO, 1984; 43p.

Chapitre 2:
**Diagnostic et facteurs déterminants de l'état nutritionnel des élèves
des écoles primaires publiques d'Antananarivo**

(Article soumis le 10 mai 2009 à la revue électronique e-Santé)

Diagnostic et facteurs déterminants de l'état nutritionnel des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo, Madagascar.

Menja Ramaheriso^{1,2,3}, Charlotte Ralison¹, Serge Trèche³

¹ Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN), Département de Biochimie Fondamentale et Appliquée (DBFA), Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Campus universitaire Ambohitsaina, BP 906, Antananarivo, Madagascar

² Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET), BP 1563, Antananarivo, Madagascar

³ UMR204 «Préventions des malnutritions et pathologies associées» (NUTRIPASS), Institut de Recherche pour le Développement (IRD), BP 434, Antananarivo, Madagascar

Résumé

Des mesures anthropométriques et des relevés d'informations ont été réalisés sur 17487 élèves de 23 écoles primaires publiques de la commune d'Antananarivo afin de faire le diagnostic de l'état nutritionnel des enfants scolarisés et d'en identifier les principaux facteurs déterminants.

Si les prévalences de maigreur sont faibles (<3%), plus de 45% des enfants sont atteints de malnutrition chronique et environ un tiers d'insuffisance pondérale. Les données recueillies ont permis de révéler l'influence sur l'état nutritionnel de facteurs relatifs à l'enfant (sexe, âge), à la famille (niveau d'éducation, niveau socio économique, taille de la fratrie) et au cadre de vie (école, quartier) que l'on tienne compte ou non de la variabilité liée aux autres facteurs. Une relation forte entre retard de croissance et retard scolaire a été mise en évidence et laisse supposer que la prévention du retard de croissance au moment de son apparition serait susceptible de diminuer le pourcentage d'enfants en situation d'échec scolaire.

Mots-clés: état nutritionnel, retard de croissance, élèves, retard scolaire, Antananarivo.

Abstract

Anthropometric measurements and data collection from 17487 schoolchildren were carried out in 23 public primary schools of Antananarivo in order to achieve the diagnosis of the nutritional status of schoolchildren and to identify its main determining factors.

Prevalence of wasting was weak (<3%) but more than 45% of children were stunted and about a third suffered from underweight. Considering or not variability linked to other factors, data collected allowed to put in evidence the influence of factors related to the child (sex, age), to their family (level of education, socio-economic level, number of brother(s)/sister(s)) and to their living environment (school, district). A strong relation between stunting and school retardation was observed. Thus, it is likely that prevention of stunting at the moment of its apparition may limit the percentage of children with underperformance at school.

Key-words: nutritional status, stunting, schoolchildren, school retardation, Antananarivo.

Introduction

A Madagascar, la situation nutritionnelle des enfants d'âge scolaire reste mal connue. Néanmoins, les fortes prévalences de malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans [1] laissent supposer un état nutritionnel préoccupant chez les enfants d'âge scolaire. Par ailleurs, deux études réalisées sur des enfants malgaches de 6 à 14 ans ont révélé des carences en fer : la première, réalisée en 2000 auprès de 900 élèves d'écoles primaires, a mis en évidence que 38% des enfants enquêtés présentaient une anémie, principalement due à une carence en fer [2]; la seconde, menée auprès de 833 enfants, a montré que, respectivement, 69 et 29% des enfants avaient des taux d'hémoglobine inférieurs à 120 et 100g/l [3]. Concernant la carence en iode, des enquêtes menées en 1998 et 2001 sur 350 et 3500 enfants âgés de 6 à 11 ans ont, respectivement, montré que 9,8% des enfants avaient un taux d'iode urinaire inférieur à 100µg/l et que le goitre touchait 3,5% d'entre eux [3].

Les travaux menés dans d'autres pays en développement comme le Ghana, la Tanzanie, le Vietnam, l'Indonésie et l'Inde révèlent la précarité de l'état nutritionnel des enfants d'âge scolaire: dans ces cinq pays le retard de croissance touche de 48 à 56% des enfants tandis que la prévalence de l'insuffisance pondérale est de 34 à 62% [4]. Une telle insuffisance de l'état nutritionnel est en grande partie la conséquence de problèmes nutritionnels rencontrés au cours de la jeune enfance, mais elle semble également due aux déficiences de l'alimentation à l'âge scolaire. En effet, les résultats obtenus par divers programmes d'alimentation scolaire mis en place dans des écoles de plusieurs pays en développement ont mis en évidence une amélioration significative de l'état nutritionnel des élèves après une supplémentation ou une fortification en micronutriments [5-7].

Concernant les déterminants du mauvais état nutritionnel des élèves, d'autres auteurs ont relevé l'influence de caractéristiques liées à l'enfant (âge, sexe) et aux niveaux économiques de sa famille (taille et niveau économique; niveau d'instruction des parents) sur son état nutritionnel. Shariff *et al.* [8], sur des enfants de 6 à 10 ans à Kuala Lumpur (Malaisie), ont montré que les différentes formes de malnutrition (retard de croissance, maigreur, surpoids) touchent plus les garçons que les filles et que les enfants sont d'autant plus affectés par le retard de croissance qu'ils sont plus âgés. Mian *et al.* [9] ont mis en évidence au cours d'une étude menée au Pakistan que le retard de croissance touchait davantage les enfants issus de familles à faible revenu mensuel (49%) que ceux des familles à revenu mensuel élevé (29%). Mukherjee *et al.* [10], à l'issue d'une étude de l'état nutritionnel de 760 élèves âgés de 5-11 ans des écoles primaires de Pune (Inde) ont mis en évidence que les prévalences de retard de croissance et d'insuffisance pondérale des enfants dont la mère a un faible niveau d'éducation étaient plus importantes (32% vs 9%) que celles d'enfants dont la mère était plus instruite.

A Madagascar, pour faire face aux problèmes nutritionnels que rencontrent les enfants d'âge scolaire, le gouvernement a élaboré un Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS) [11] qui s'est fixé comme objectif général d'améliorer l'état nutritionnel et la santé des enfants en vue de contribuer à l'amélioration de leurs performances scolaires. Les stratégies adoptées passent notamment par la mise en place, dans 80% des écoles des zones vulnérables, de cantines scolaires ou d'autres formes d'appui nutritionnel et visent l'adoption de meilleurs comportements en matière de nutrition, santé et hygiène et l'amélioration des performances scolaires.

Pour répondre aux attentes des parents, des responsables des écoles et des autorités malgaches, le programme Nutrimad (*Nutrition à Madagascar*), mené en partenariat entre une ONG française (*Gret, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques*), un institut de

recherche français (IRD, Institut de Recherche pour le Développement) et l'université d'Antananarivo (Laboratoire de Biochimie appliquée aux sciences de l'alimentation et à la nutrition de la Faculté des Sciences), a mis en place de 2004 à 2006 un Programme d'Alimentation Scolaire (PAS) au niveau de 15, puis de 23, des 90 écoles primaires publiques de la capitale, Antananarivo [12, 13]. Un diagnostic de situation de l'état nutritionnel des enfants, consistant en des mesures anthropométriques (*taille, poids*), a été réalisé avant le démarrage du PAS-Nutrimad et fait l'objet du présent article. Ses objectifs sont, d'une part, de caractériser, chez les enfants scolarisés, les prévalences de retard de taille, de maigreur (uniquement chez les enfants de moins de 10 ans) et d'insuffisance pondérale et, d'autre part, d'identifier, parmi celles qui ont pu être documentées, les caractéristiques des enfants et de leur environnements familial et scolaire susceptibles d'être des déterminants de leur état nutritionnel.

Méthodologie

1. Sujets et lieux d'étude

L'étude a été réalisée auprès de tous les élèves de 23 écoles primaires publiques (EPP) d'Antananarivo, capitale de Madagascar, au cours de deux années scolaires (2004-2005 et 2005-2006). Les mesures anthropométriques et le recueil des informations sur les enfants et leurs familles ont été faites au début de l'année scolaire 2004-2005 dans 15 des 23 écoles et au début de l'année scolaire 2005-2006 dans les 8 autres.

Ces 23 écoles ont été choisies par les responsables de la circonscription scolaire d'Antananarivo parmi les 90 EPP de la commune pour bénéficier de la mise en place d'un programme d'alimentation scolaire proposé par le programme Nutrimad. Les écoles sont réparties sur l'ensemble des 6 arrondissements de la Commune Urbaine d'Antananarivo. La comparaison de leurs caractéristiques à celles des 67 autres écoles de la ville révèle (*Tableau II/2-1*) que si les nombres moyens d'élèves par école et par salle sont plus élevés dans les 23 écoles de l'étude que dans les autres, en revanche les nombres moyens d'élèves par enseignant et les pourcentages moyens de redoublants dans les deux groupes d'écoles sont très comparables. On peut donc estimer que ces 23 écoles sont assez représentatives de l'ensemble des EPP de la ville.

Tableau II/2-1 : Comparaison de quelques caractéristiques des 23 écoles pris en compte dans l'étude à celles des autres écoles primaires publiques (EPP) de la communauté urbaine d'Antananarivo

	Dans les 23 EPP de l'étude	Dans les 67 autres EPP de la ville
Nombre moyen d'élèves ¹ (\pm ET)	796 \pm 324	621 \pm 387
Pourcentage moyen de redoublants		
- en 2004-2005 ² (\pm ET)	15,5 \pm 4,9	15,2 \pm 5,3
- en 2006-2007 ¹ (\pm ET)	16,2 \pm 5,0	15,7 \pm 4,9
Nombre moyen d'élèves par enseignant ¹ (\pm ET)	42 \pm 8	41 \pm 11
Nombre moyen d'élèves par salle ¹ (\pm ET)	88 \pm 19	78 \pm 30

¹ Données extraites de la base de données du Bureau de Développement d'Antananarivo (2007)

² Informations recueillies auprès des responsables de la circonscription scolaire de la Communauté urbaine d'Antananarivo.

2. Recueil des informations relatives aux caractéristiques socio-économiques des familles et à l'environnement scolaire des enfants

Certaines informations générales relatives aux élèves sont extraites des registres tenus au niveau des établissements scolaires. Elles correspondent à leur date de naissance, leur sexe et leur niveau scolaire répartis sur 5 niveaux: cours préparatoires 1 et 2 (CP1 et CP2); cours élémentaire (CE); cours moyens 1 et 2 (CM1 et CM2).

Les informations d'ordre démographique et socio-économique ont été obtenues auprès des enfants et de leurs parents ou tuteurs en leur demandant de remplir une fiche de renseignements. Ces derniers concernaient le niveau d'éducation des parents, le nombre d'enfants à la charge des parents au moment de l'enquête, l'existence d'un raccordement du domicile familial au réseau électrique, la possession d'un certain nombre de biens (*radio, télévision, table et mobilier de salon*) identifiés au cours d'enquêtes antérieures pour être de bons indicateurs du niveau économique des familles.

D'autres informations relatives aux infrastructures existantes (*raccordement au réseau routier par route goudronnée, raccordement au réseau téléphonique*) ou aux services directement accessibles (*présence d'un lycée, d'un poste de police ou d'une gendarmerie, d'une banque ou d'une caisse d'épargne*) dans le quartier où l'école est située ont été recueillies auprès des directeurs des écoles.

3. Evaluation de l'état nutritionnel des enfants

L'état nutritionnel des enfants a été évalué à partir de mesures anthropométriques réalisées en début d'année scolaire (septembre et octobre). Le poids des enfants a été déterminé à partir de pesées réalisées sur des pèse-personnes digitaux (*marque Téfal; précision 100 g*): les enfants étaient pesés autant de fois que nécessaire pour obtenir trois fois la même valeur. Leur taille a été mesurée au mm près à l'aide d'une toise en position debout: les mesures étaient répétées jusqu'à l'obtention de trois valeurs ne différant pas plus de 3 mm dont on prenait ensuite la moyenne.

L'état nutritionnel des enfants a été évalué à partir des indices habituels basés sur la combinaison du poids, de la taille, de l'âge et du sexe et exprimés en unités d'écart-type (Z-scores) par rapport à la médiane de la population de référence du NCHS [14, 15]:

- l'indice taille-pour-âge qui est le reflet de la croissance linéaire passée et permet donc d'identifier les enfants atteints de retard de croissance et ayant souffert de malnutrition chronique;
- l'indice poids-pour-taille qui permet d'identifier les enfants de moins de 10 ans ayant un poids insuffisant pour leur taille et qui sont donc atteints de maigreur résultat d'une malnutrition aiguë;
- l'indice poids-pour-âge qui permet d'identifier les enfants dont le poids insuffisant pour l'âge (insuffisance pondérale) peut résulter soit d'un retard de croissance, soit d'un état de maigreur, soit de la combinaison des deux.

Pour chacun de ces trois indices, on considère que des valeurs comprises entre -2 et -3 ET témoignent d'un état de malnutrition modérée et que des valeurs inférieures à -3 ET sont révélatrices d'une malnutrition sévère.

Par ailleurs, l'Indice de Masse Corporelle ($IMC = (\text{poids})/(\text{taille}^2)$) de chaque enfant a été calculé et comparé, en tenant compte de son âge et de son sexe, aux valeurs correspondantes au 3^{ème} et au 5^{ème} percentiles de la population de référence pour déterminer les enfants pouvant être considérés en insuffisance pondérale modérée (entre le 5^{ème} et le 3^{ème} percentile) ou sévère (en dessous du 3^{ème} percentile).

4. Traitement des données

Les données ont été saisies dans des tables d'une base de données ACCESS spécialement conçue en fonction de la nature des données avant d'être transformées en fichiers EXCEL. Le fichier Excel contenant les données anthropométriques a été transformé en fichier EPI INFO (version 6.04d) pour permettre le calcul des indices anthropométriques à l'aide du module Epinut de ce logiciel. L'ensemble des données a ensuite été repris et analysé à l'aide du logiciel Statgraphics Plus, version 5.1.

Des variables synthétiques ont été définies pour regrouper et décrire certaines caractéristiques des enfants, de leurs familles ou des quartiers dans lesquels sont localisées les écoles:

- la variable classe d'âge comporte 5 modalités: 4-6 ans; 7-8 ans; 9-10 ans; 11-12 ans et 13-17 ans;
- le retard scolaire a été défini en considérant que les enfants devaient normalement avoir en début d'année scolaire moins de 7 ans en CP1, moins de 8 en CP2, moins de 9 en CE, moins de 10 en CM1 et moins de 11 en CM2 et en distinguant 4 modalités selon que leur âge en début d'année scolaire correspondait à l'âge normal, ou à un an, à deux ans ou à plus de deux ans de retard par rapport aux limites d'âge définies pour chaque niveau scolaire;
- la taille de la fratrie est décrite en distinguant 3 classes: ≤ 3 enfants, 4 ou 5 et ≥ 6 enfants;
- le niveau d'éducation de la famille prend en compte 3 modalités: faible (*un des deux parents est ni scolarisé ni alphabétisé et l'autre n'a pas atteint le lycée*), moyen (les deux parents sont entrés en primaires ou un des deux parents a atteint le lycée) et élevé (*un des parents est entré au lycée et l'autre au moins à l'école primaire ou un des parents est entré à l'université*);
- le niveau économique comporte 3 modalités (faible, moyen, élevé) définies à partir de valeurs seuils (3,3 et 6,4) d'un indice de biens possédés calculé en considérant 5 items (*raccordement du ménage au réseau électrique ; possession de radio, télévision, table ou mobilier de salon*) auxquels des coefficients correspondant à l'inverse de leur fréquence de possession (*respectivement, 1,501; 1,203; 1,686, 1,628 et 3,290*) sont attribués et dont il est fait la somme;
- le caractère plus ou moins résidentiel du quartier a été défini à partir du niveau moyen d'éducation des familles, du niveau économique moyen des familles et du niveau d'équipement et des infrastructures du quartier. Ce dernier est décrit selon 3 modalités (faible, moyen,-élevé) définies à partir de valeurs seuils (2,5 et 10) d'un indice d'équipement et d'infrastructures calculé en considérant 6 items (*raccordement au réseau routier par une route goudronnée, raccordement au réseau téléphonique; existence d'un lycée, d'un poste de police ou d'une gendarmerie, d'une banque ou d'une caisse épargne*) auxquels des coefficients correspondant à l'inverse de leur fréquence (1,10; 1,21; 5,75; 3,29; 5,75; 7,69) sont attribués et dont il est fait la somme. Pour chacune des trois composantes retenues pour définir le caractère plus ou moins résidentiel du quartier, 1, 2 ou 3 points ont été attribués, respectivement, pour les niveaux faible, moyen et élevé et la somme des trois notes a permis d'obtenir un score. Selon la valeur de ce score, les quartiers sont considérés comme faiblement (≤ 5), moyennement (>5 et <7) ou fortement (≥ 7) résidentiels.

Les niveaux de signification des effets des différents facteurs pris en compte sur les prévalences de malnutrition ont été étudiés en comparant par le test du Chi-2, pour chaque niveau ou modalités de ces facteurs, les répartitions des enfants par rapport aux valeurs seuils (-2 ou -3 ET) des indices étudiés. Lorsqu'un facteur comportait plus de deux niveaux

ou modalités, les prévalences correspondantes ont été comparées deux à deux par le test du *Chi-2* pour déterminer celles d'entre elles qui différaient significativement.

L'effet des différents facteurs pris en compte a également été étudié par analyse de variance des indices exprimés en Z-scores. L'effet de chaque facteur considéré individuellement a été testé par le test de Fisher lorsque les variances des moyennes correspondant à chaque niveau ou modalité de ce facteur pouvaient être considérées comme égales après un test de Bartlett et par le test de Kruskal-Wallis lorsque ce n'était pas le cas. Lorsque le facteur comportait plus de deux niveaux ou modalités, il a été calculé les niveaux de signification des différences entre :

- les moyennes correspondantes par la procédure des différences significatives minimales de Fisher (cas où les variances pouvaient être considérées comme égales);
- les médianes en les comparant deux à deux en utilisant le test de Kruskal-Wallis (cas où les variances ne pouvaient pas être considérées comme égales).

Pour tous les facteurs identifiés comme ayant un effet ($p < 0,05$), ou tendant à avoir un effet ($p < 0,20$), significatif sur les indices exprimés en Z-scores, des analyses de variance à plusieurs facteurs ont été réalisées pour vérifier si les effets de ces facteurs continuaient à être significatifs lorsque la part de variabilité liée aux autres facteurs était prise en compte. Lorsque cela était le cas, des moyennes ajustées ont été calculées pour chaque niveau ou modalité des facteurs considérés et la procédure des comparaisons multiples de Student-Newman-Keuls a été utilisée pour déterminer celles qui étaient statistiquement différentes entre elles.

Résultats

1. Prévalences des différentes formes de malnutrition

Les mesures ont été effectuées auprès de 17487 élèves des 23 écoles. Quelle que soit la classe d'âge, plus de 40% des enfants sont retardés en taille et de 10 à 22%, selon l'âge, le sont sévèrement (*Figure II/2-1*). Les prévalences de retard de croissance sont significativement plus élevées chez les enfants de 12-17 ans (59,3%) et les enfants de 11-12 ans (50,3%) que chez les enfants plus jeunes (de 41,4 à 43,4%).

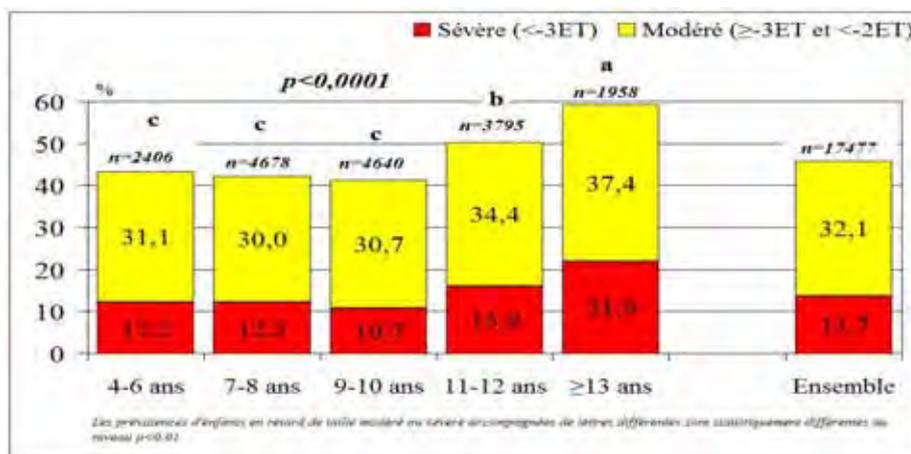


Figure II/2-1: Prévalences de retard de croissance chez les élèves des 23 écoles en fonction de l'âge

Les prévalences de maigreur chez les enfants de moins de 10 ans (*Figure II/2-2*) restent faibles (2,6% avec seulement 0,1% de formes sévères) et ne varient pas avec la classe d'âge entre 4 et 10 ans.

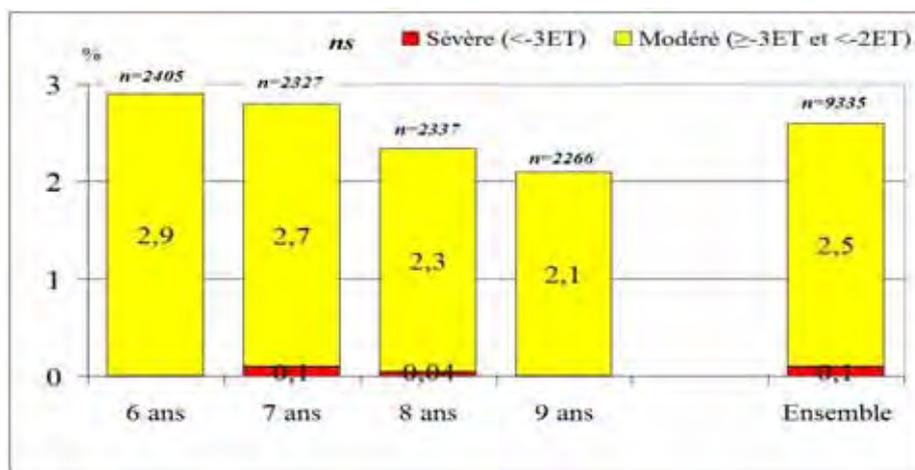


Figure II/2-2: Prévalences de maigreur (seulement pour les enfants de moins de 10 ans) chez les élèves des 23 écoles en fonction de l'âge

Les prévalences d'insuffisance pondérale (*Figure II/2-3*) sont largement influencées par le retard de croissance. Toutes classes d'âge confondues, elles atteignent 33,2% des enfants, avec 2,7% de formes sévères; elles sont maximales dans la classe d'âge 13-17 ans (49,6%) et minimales chez les 9-10 ans (27,4%).

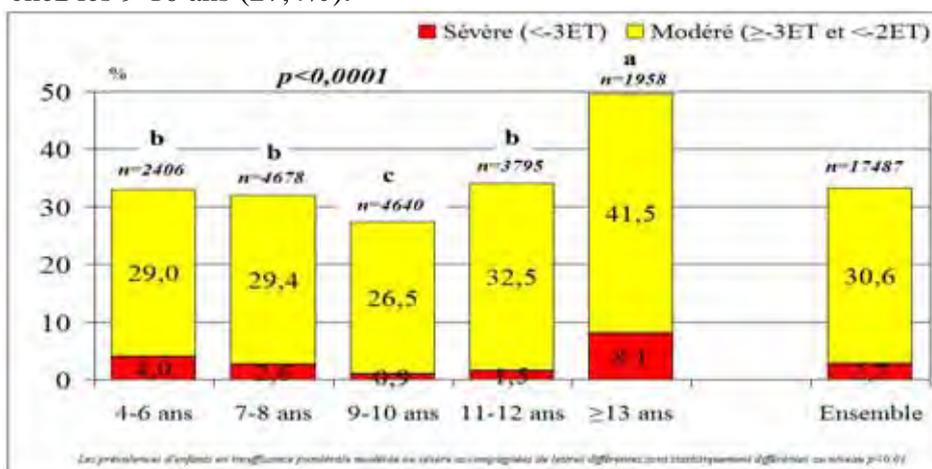


Figure II/2-3: Prévalences d'insuffisance pondérale chez les élèves des 23 écoles en fonction de l'âge

Les pourcentages d'élèves, toutes classes d'âge confondues, ayant un IMC pour âge inférieur au 5^{ème} et 3^{ème} percentile de la population de référence sont respectivement de 36,2 et 11,9% (*Figure II/2-4*). Contrairement aux prévalences d'insuffisance pondérale calculées à partir des valeurs prises par l'indice poids pour âge, les pourcentages d'élèves ayant un IMC pour âge inférieur au 5^{ème} percentile augmentent régulièrement avec l'âge pour atteindre une valeur maximale de 47,9% dans la classe d'âge 13-17 ans.

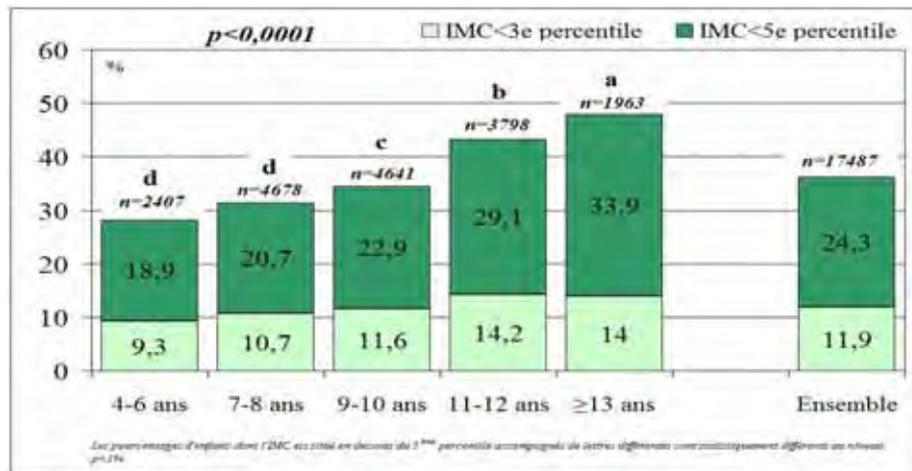


Figure II/2-4: Pourcentage d'élèves des 23 écoles ayant un indice de masse corporelle inférieur au 5^{ème} percentile et au 3^{ème} percentile) en fonction de l'âge

2. Effets de différents facteurs sur les prévalences de malnutrition

L'influence du sexe, du niveau scolaire, du retard scolaire des élèves, du niveau d'éducation des parents, du niveau économique de la famille, de la taille de la fratrie ainsi que du caractère plus ou moins résidentiel du quartier sur les prévalences de malnutrition est donnée dans le tableau II/2-2.

Tous les facteurs considérés influent significativement sur les prévalences de retard de croissance, d'insuffisance pondérale et d'IMC pour âge inférieur au 5^{ème} percentile. En revanche, aucun d'entre eux n'influe de manière importante sur la maigreur: on constate seulement des différences faiblement significatives en fonction du retard scolaire et du caractère plus ou moins résidentiel du quartier.

Pour les autres formes de malnutrition que la maigreur, on constate que les prévalences sont plus importantes pour les garçons que les filles et qu'elles sont d'autant plus élevées que les élèves accusent un retard scolaire important, que le niveau d'éducation et le niveau économique de la famille sont faibles, que la taille de leur fratrie est plus importante et que le quartier est moins résidentiel. Par ailleurs, les prévalences de retard de croissance et d'insuffisance pondérale sont plus importantes au cours des deux premières années de scolarité (CP1 et CP2) qu'au cours des trois suivantes, mais les prévalences d'enfants ayant un IMC pour âge inférieur au 5^{ème} percentile évoluent en sens inverse avec le niveau scolaire.

Tableau II/2-2: Prévalences de malnutrition chez les élèves des 23 écoles en fonction des caractéristiques de l'enfant (*sexe, niveau scolaire, retard scolaire*), des caractéristiques de la famille (*niveau d'éducation des parents, biens possédés par la famille, nombre d'enfants dans la famille*) et des caractéristiques du quartier

	Retard de croissance		Maigreurs (<i>enfants <10 ans</i>)		Insuffisance pondérale		BMI < au 5 ^{ème} percentile	
Sexe								
Garçons	9061	49,4	4799	2,8	9066	38,1	9082	26,0
Filles	8416	42,0	4557	2,3	8421	28,2	8428	22,5
<i>Nds</i> ¹	<0,0001		ns (<i>p</i> =0,08)		<0,0001		<0,0001	
Niveau scolaire								
CP1	2918	50,0 ^a	2862	3,0	2922	38,7 ^a	2926	20,7 ^c
CP2	4028	48,4 ^a	3516	2,5	4030	35,5 ^b	4036	22,2 ^c
CE	3779	43,9 ^b	2049	2,5	3780	30,4 ^c	3788	25,1 ^b
CM1	2949	42,3 ^b	748	1,3	2951	30,5 ^c	2954	25,8 ^a
CM2	3803	44,7 ^b	181	2,8	3804	32,1 ^c	3806	27,5 ^a
<i>Nds</i>	<0,01		ns (<i>p</i> =0,16)		<0,0001		<0,0001	
Retard scolaire								
0	6546	37,0 ^d	5960	2,8 ^a	6548	27,8 ^d	6548	20,5 ^c
1 an	4079	44,2 ^c	2576	1,8 ^b	4079	29,7 ^c	4079	21,4 ^c
2 ans	3090	50,1 ^b	742	3,2 ^a	3090	34,3 ^b	3090	25,2 ^b
>2 ans	3762	59,6 ^a	57	1,8 ^b	3770	46,1 ^a	3770	33,6 ^a
<i>Nds</i>	<0,0001		<i>p</i> =0,04		<0,0001		<0,0001	
Niveau d'éducation de la famille								
Faible	5682	48,7 ^a	3102	2,8	5686	35,2 ^a	5688	25,1 ^a
Moyen	7246	44,2 ^b	3884	2,4	7250	32,7 ^b	7253	24,4 ^a
Elevé	2346	40,5 ^c	1218	2,2	2348	27,7 ^c	2350	21,3 ^b
Moyen	<0,0001		ns (<i>p</i> =0,42)		<0,0001		<i>p</i> =0,011	
Niveau économique de la famille								
Faible	4810	52,7 ^a	2809	2,8	4814	39,2 ^a	4816	25,9 ^a
Moyen	6718	43,6 ^b	3566	2,3	6721	32,2 ^b	6726	24,5 ^a
Elevé	4464	40,7 ^c	2228	2,6	4467	27,9 ^c	4469	22,4 ^b
<i>Nds</i>	<0,0001		ns (<i>p</i> =0,47)		<0,0001		<i>P</i> =0,0005	
Taille de la fratrie								
<4	3043	41,1 ^c	1817	2,4	3045	29,6 ^c	3047	22,5 ^b
4 ou 5	9118	44,6 ^b	4933	2,4	9124	31,6 ^b	9128	23,5 ^b
>5	3826	51,5 ^a	1851	3,1	3828	39,5 ^a	3831	27,9 ^a
<i>Nds</i>	<0,0001		ns (<i>p</i> =0,18)		<0,0001		<0,0001	
Caractère plus ou moins résidentiel du quartier								
Faible	7588	49,3 ^a	3944	3,0 ^a	7591	36,4 ^a	7598	25,3 ^a
Moyen	6185	43,8 ^b	3355	2,0 ^b	6188	32,3 ^b	6193	24,1 ^a
Elevé	3704	42,1 ^b	2057	2,6 ^{ab}	3708	28,9 ^c	3719	22,7 ^b
<i>Nds</i>	<0,0001		<i>p</i> =0,03		<0,0001		<i>p</i> =0,009	

¹Test de Chi-2, ns: non significatif;

Dans une même colonne et pour une variable donnée, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes deux à deux au niveau de signification indiqué.

3. Effets de facteurs influant sur l'état nutritionnel exprimé en Z-score

Le niveau de signification des effets des différents facteurs de variation considérés sur les Z-scores taille-pour-âge, poids-pour-taille et poids-pour-âge sont donnés dans le tableau II/2-3.

Tableau II/2-3: Identification des facteurs qui influent, avant et après ajustement, sur les Z-scores Taille-pour-âge, Poids-pour-âge et Poids-pour-taille des élèves des 23 écoles

	Z-score Taille-pour-âge		Z-score Poids-pour-taille (<i>enfants < 10 ans</i>)		Z-score Poids-pour-âge	
	Brut	Ajusté ¹	Brut	Ajusté ¹	Brut	Ajusté ¹
<i>Effectif</i>	15271		8197		15281	
Classe d'âge	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Sexe	<0,0001	<0,0001	p=0,005	p=0,003	<0,0001	<0,0001
Niveau scolaire	<0,0001		<0,0001		<0,0001	
Retard scolaire	<0,0001	<0,0001	p=0,0004	ns (p=0,051)	<0,0001	<0,0001
Niveau d'éducation de la famille	<0,0001	ns (p=0,08)	ns (p=0,42)		<0,0001	p=0,02
Niveau économique de la famille	<0,0001	<0,0001	p=0,01	ns (p=0,18)	<0,0001	<0,0001
Taille de la fratrie	<0,0001	<0,0001	p=0,0003	ns (p=0,12)	<0,0001	<0,0001
Année d'enquête	ns (p=0,17)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	p=0,007	ns (p=0,52)
Ecole	<0,0001		<0,0001		<0,0001	
Caractère plus ou moins résidentiel du quartier	<0,0001	p=0,0006	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001

Les niveaux de signification en gras ont été calculés à l'aide du Test de Fisher tandis que ceux en caractère normal l'ont été par le Test de Kruskal-Wallis.

¹ en prenant compte toutes les variables dont le niveau de signification de l'effet brut est inférieur à 0,20 sauf le niveau scolaire (redondant avec l'âge) et l'école (redondant avec l'année d'enquête dans la mesure où les 15 écoles étudiées la première année sont distinctes des 8 écoles prises en compte la seconde).

Lorsqu'on considère l'effet de chaque facteur pris isolément (effet brut), tous les facteurs étudiés ont un effet hautement significatif sur les valeurs des Z-scores sauf l'année d'enquête sur le retard de croissance et le niveau d'éducation des parents sur la maigreur. Lorsque l'on tient compte de la part de variabilité des Z-scores due aux autres facteurs, les effets précédemment observés restent significatifs sur le Z-score taille pour âge (sauf pour le niveau d'éducation des parents) et le Z-score poids-pour-âge (sauf l'année d'enquête). En revanche, pour le Z-score poids-pour-taille, seuls la classe d'âge, le sexe, l'année d'enquête et le caractère plus ou moins résidentiel des quartiers continuent à exercer un effet statistiquement significatif lorsque l'on prend en compte la part de variabilité liée aux autres variables.

Les différences observées se caractérisent par une aggravation de l'état nutritionnel avec l'âge et le retard scolaire et une situation davantage préoccupante pour les garçons que pour les filles (Tableau II/2-4). Plus le niveau économique des familles est faible ou plus la taille de la fratrie est importante, plus mauvais est l'état nutritionnel des enfants en regard du retard de croissance et de l'insuffisance pondérale. Après ajustement, le niveau d'éducation de la famille n'exerce plus d'effet significatif sur l'insuffisance pondérale. Quel que soit l'indicateur considéré, les enfants fréquentant les écoles situées dans les quartiers les moins résidentiels ont en moyenne un état nutritionnel plus précaire que ceux fréquentant les écoles de quartiers moins défavorisés (Tableau II/2-5).

Tableau II/2-4: Valeurs brutes et ajustées des Z-scores des élèves des 23 écoles en fonction de l'âge, du sexe et du retard scolaire de l'enfant

Valeurs	Z-score Taille-pour-âge			Z-score Poids-pour-taille (<i>enfants < 10 ans</i>)			Z-score Poids-pour-âge		
	Brutes ²	Ajustés ³	<i>n</i>	Brutes	Ajustées	<i>n</i>	Brutes	Ajustées	<i>n</i>
<i>Effectif total</i>	<i>15271</i>			<i>15281</i>			<i>8197</i>		
Classe d'âge									
<7 ans	-1,85 (-2,48;-1,23) ^c	-2,20 ^a	2073	-0,67±0,74 ^a	-0,67 ^a	2073	-1,66 (-2,18; -1,13) ^c	-1,82 ^a	2074
7-8 ans	-1,78 (-2,47;-1,14) ^c	-2,03 ^b	4111	-0,63±0,74 ^b	-0,65 ^a	4098	-1,66 (-2,14;-1,15) ^c	-1,75 ^b	4111
9-10 ans	-1,79 (-2,42;-1,17) ^c	-1,84 ^c	4133	-0,53±0,73 ^c	-0,56 ^b	2026	-1,66 (-2,05;-1,20) ^c	-1,68 ^c	4133
11-12 ans	-2,00 (-2,65;-1,37) ^b	-1,83 ^c	3291	-	-	-	-1,75 (2,15;-1,31) ^b	-1,63 ^c	3291
>12 ans	-2,24 (-2,87;-1,59) ^a	-1,82 ^c	1663	-	-	-	-1,98 (-2,47;-1,43) ^a	-1,58 ^d	1668
<i>Nds</i> ¹	<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	
Sexe									
Garçons	-1,98±1,02	-2,01	7897	-0,64±0,73	-0,65	4195	-0,64±0,73	-0,64	4195
Filles	-1,81±1,03	-1,88	7374	-0,59±0,75	-0,60	4002	-0,59±0,75	-0,59	4002
<i>Nds</i>	<0,0001	<0,0001		<i>p</i> =0,005	<i>P</i> =0,003		<0,0001	<0,0001	
Retard scolaire									
0	-1,70 (-2,32;-1,05) ^d	-1,55 ^d	5784	-0,64±0,74 ^a	-0,63	5266	-1,59 (-2,06;-1,07) ^d	-1,47 ^d	5786
1 an	-1,83 (-2,49;-1,22) ^c	-1,84 ^c	3592	-0,56±0,73 ^b	-0,57	2238	-1,67 (-2,09;-1,21) ^c	-1,62 ^c	3592
2 ans	-2,00 (-2,60;-1,36) ^b	-2,05 ^b	2726	-0,59±0,74 ^b	-0,63	650	-1,75 (-2,17;-1,32) ^b	-1,75 ^b	2726
> 2 ans	-2,24 (-2,91;-1,59) ^a	-2,33 ^a	3169	-0,61±0,80 ^b	-0,67	43	-1,92 (-2,40;-1,45) ^a	-1,91 ^a	3177
<i>Nds</i>	<0,0001	<0,0001		<i>p</i> =0,0004	ns (<i>p</i> =0,05)		<0,0001	<0,0001	

¹ Anova réalisée sur les enfants pour lesquels tous les renseignements ont pu être recueillis - ns: non significatif.

² Les valeurs données correspondent à des moyennes (± écart-type) ou à des valeurs médianes (1^{er} quartile-3^{ème} quartile).

³ Moyennes ajustées sur les variables liées aux caractéristiques de l'enfant (classe d'âge, sexe et retard scolaire), aux caractéristiques de la famille (niveau d'éducation, niveau économique, taille de la fratrie), à l'année d'enquête et au caractère plus ou moins résidentiel du quartier de l'école.

Dans une même colonne et pour une variable donnée, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes deux à deux au niveau de signification indiqué.

Tableau II/2-5: Valeurs brutes et ajustées des Z-scores des élèves des 23 écoles en fonction des caractéristiques de la famille et du quartier de l'école

Valeurs	Z-score Taille-pour-âge			Z-score Poids-pour-taille (<i>enfants <10 ans</i>)			Z-score Poids-pour-âge		
	Brutes ²	Ajustés ³	<i>n</i>	Brutes	Ajustées	<i>n</i>	Brutes	Ajustées	<i>n</i>
<i>Effectif total</i>	15271			15281			8197		
Niveau d'éducation de la famille									
Faible	-1,98±1,02 ^a	-1,97	5681	-0,62±0,74		3099	-1,72±0,74 ^a	-1,71 ^a	5685
Moyen	-1,88±1,02 ^b	-1,95	7245	-0,62±0,74		3881	-1,66±0,75 ^b	-1,71 ^a	7249
Elevé	-1,76±1,03 ^c	-1,91	2345	-0,59±0,74		1217	-1,56±0,76 ^c	-1,65 ^b	2347
<i>Nds</i> ¹	<0,0001	<i>ns</i> (<i>p</i> =0,08)		<i>ns</i> (<i>p</i> =0,42)			<0,0001	<i>p</i> =0,02	
Niveau économique de la famille									
Faible	2,05 (-2,72;-1,38)	-2,05 ^a	4432	-0,64±0,74 ^a	-0,64	2597	-1,77±0,75 ^a	-1,76 ^a	4436
Moyen	1,85 (-2,52;-1,24)	-1,93 ^b	6383	-0,62±0,73 ^a	-0,64	3429	-1,66±0,74 ^b	-1,69 ^b	6486
Elevé	1,78 (-2,42;-1,15)	-1,85 ^c	4356	-0,58±0,75 ^b	-0,60	2171	-1,57±0,75 ^c	-1,62 ^c	4359
<i>Nds</i>	<0,0001	<0,0001		<i>p</i> =0,01	<i>ns</i> (<i>p</i> =0,18)		<0,0001	<0,0001	
Taille de la fratrie									
<4	1,78 (-2,47;-1,16)	-1,84 ^c	3553	-0,57±0,76 ^c	-0,60	1753	-1,59±0,76 ^c	-1,61 ^c	3555
4 ou 5	1,87 (-2,51;-1,24)	-1,93 ^b	8765	-0,61±0,74 ^b	-0,63	4730	-1,65±0,74 ^b	-1,68 ^b	8711
>5	2,02 (-2,71;-1,36)	-2,06 ^a	2953	-0,67±0,73 ^a	-0,65	1714	-1,77±0,75 ^a	-1,77 ^a	2955
<i>Nds</i>	<0,0001	<0,0001		<i>p</i> =0,0003	<i>ns</i> (<i>p</i> =0,12)		<0,0001	<0,0001	
Année d'enquête									
1	-1,90±1,03	-1,99 ^a	10543	-0,58±0,74	-0,58 ^b	5600	-1,65±0,75	-1,70	10551
2	-1,88±1,02	-1,90 ^b	4728	-0,69±0,73	-0,67 ^a	2597	-1,69±0,74	-1,69	4730
<i>Nds</i>	<i>ns</i> (<i>p</i> =0,17)	<0,0001		<0,0001	<0,0001		<i>p</i> =0,007	<i>ns</i> (<i>p</i> =0,52)	
Caractère plus ou moins résidentiel du quartier									
Faible	-1,97±1,02 ^a	-1,99 ^a	6435	-0,65±0,74 ^b	-0,65 ^a	3343	1,76 (-2,21;-1,29)	-1,72 ^a	6438
Moyen	-1,87±1,03 ^b	-1,93 ^b	5412	-0,63±0,73 ^b	-0,66 ^a	2949	1,71 (-2,14;-1,21)	-1,70 ^a	5415
Elevé	-1,80±1,02 ^c	-1,91 ^c	3424	-0,54±0,76 ^a	-0,56 ^b	1905	1,63 (-2,09;-1,12)	-1,64 ^b	3428
<i>Nds</i>	<0,0001	<i>p</i> =0,0006		<0,0001	<0,0001		<0,0001	<0,0001	

¹ Anova réalisée sur les enfants pour lesquels tous les renseignements ont pu être recueillis - *ns*: non significatif.

² Les valeurs données correspondent à des moyennes (± écart-type) ou à des valeurs médianes (1^{er} quartile-3^{ème} quartile).

³ Moyennes ajustées sur les variables liées aux caractéristiques de l'enfant (classe d'âge, sexe et retard scolaire), aux caractéristiques de la famille (niveau d'éducation, niveau économique, taille de la fratrie), à l'année d'enquête et au caractère plus ou moins résidentiel du quartier de l'école.

Dans une même colonne et pour une variable donnée, les valeurs accompagnées de lettres différentes sont significativement différentes deux à deux au niveau de signification indiqué.

L'effet de l'année d'enquête, qui cumule en réalité les éventuels effets liés à des différences conjoncturelles entre les années scolaires 2004-2005 et 2005-2006 et des différences entre les 15 écoles étudiées la première année et les 8 écoles étudiées la seconde, est différent selon l'indicateur considéré: après ajustement, le Z-score moyen Taille-pour-âge des élèves enquêtés en 2005-2006 est significativement plus faible que celui des élèves enquêtés en 2004-2005 alors que les différences observées au niveau du Z-score Poids-pour-taille vont dans le sens inverse et que celles au niveau du Z-score Poids-pour-âge ne sont pas significatives.

4. Relations entre retard scolaire et malnutrition chronique

Parmi les différents facteurs étudiés en relation avec l'état nutritionnel, le retard scolaire est à mettre à part dans la mesure où il est plus probablement une conséquence qu'une cause d'un mauvais état nutritionnel. Etant donné qu'il est étroitement dépendant du niveau scolaire et donc de l'âge, la relation entre retard scolaire et état nutritionnel a été examinée en tenant compte de ces deux facteurs.

Lorsque l'on compare pour les différents niveaux scolaires, les pourcentages d'enfants en retard scolaire selon qu'ils sont atteints ou non de malnutrition chronique (*Figure II/2-5*), on constate, outre l'augmentation importante des pourcentages d'enfants en retard scolaire avec le niveau scolaire, que non seulement la fréquence mais aussi la gravité des retards scolaires sont significativement plus importantes chez les enfants atteints de malnutrition chronique que chez les autres. Les différences de pourcentage d'enfants en retard scolaire varient de 13 à 21% en fonction des niveaux scolaires. Les écarts, entre enfants retardés en taille ou non, sont particulièrement importants au niveau des pourcentages d'enfants présentant d'importants retards scolaires (> 2 ans).

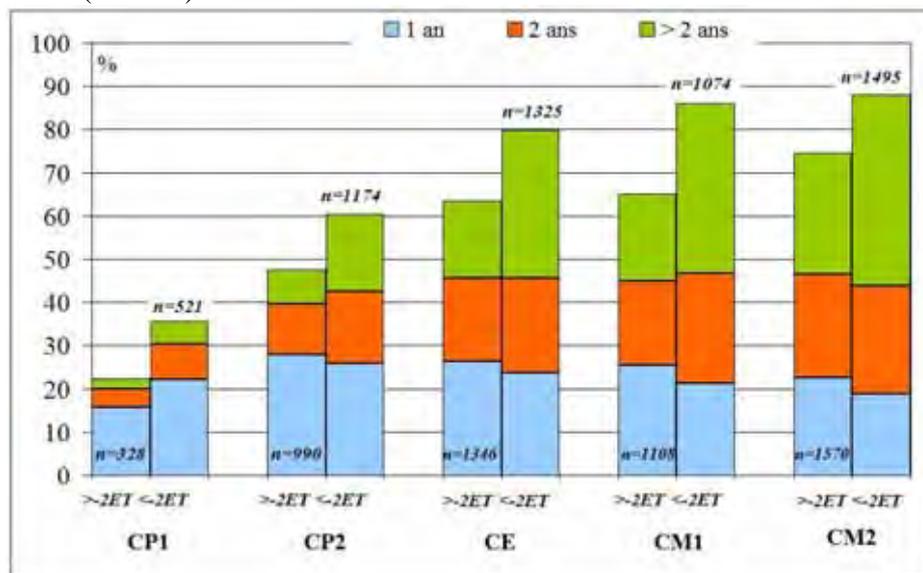


Figure II/2-5: Comparaison, pour les différents niveaux scolaires, des pourcentages d'enfants en retard scolaire selon qu'ils sont ou non en retard de croissance.

Lorsque l'on compare, pour chaque classe d'âge, les Z-scores moyens taille-pour-âge des élèves en fonction du niveau de leur retard scolaire, après ajustement sur les autres variables liées à la fois à l'état nutritionnel et au retard scolaire, on observe que, quel que soit l'âge des élèves, les Z-scores ajustés sont d'autant plus faibles que le retard scolaire des enfants est plus important avec, chez les enfants de 8 à 10 ans, des écarts de l'ordre de 0,7 Z-score entre les

enfants suivant une scolarité normale et ceux accusant un retard scolaire d'au moins deux ans (Figure II/2-6).

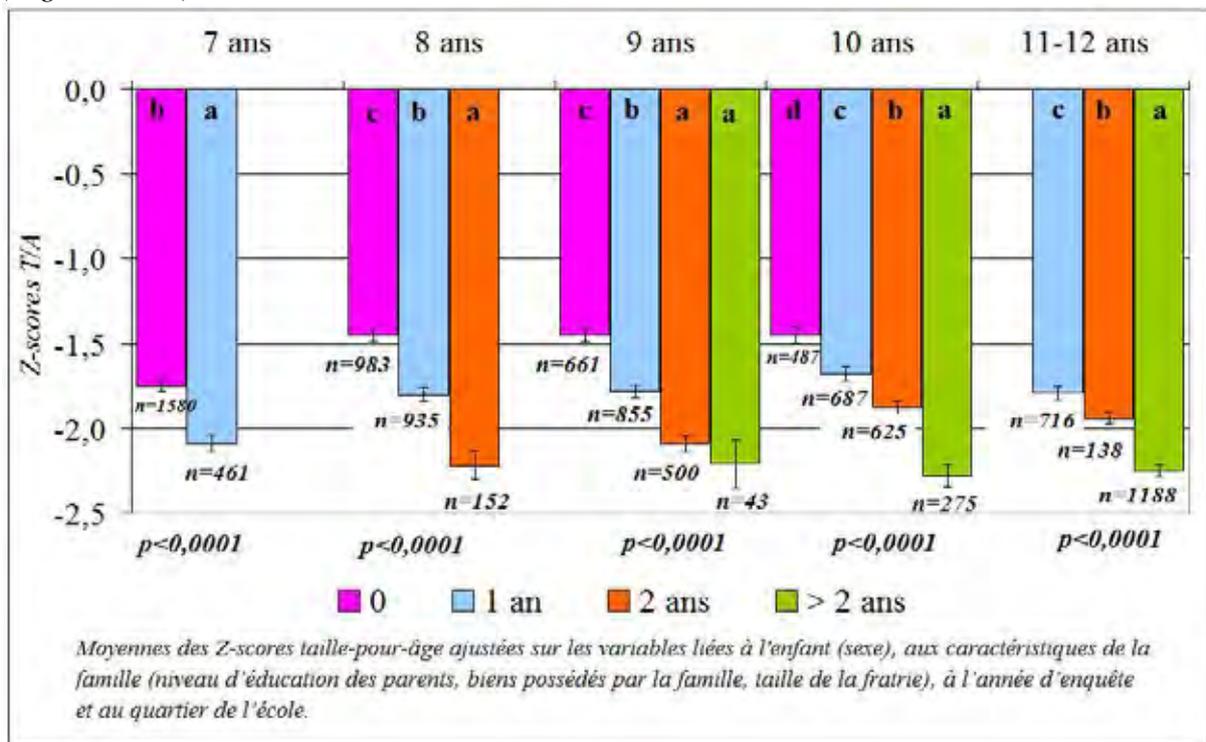


Figure II/2-6: Comparaison, pour les différentes classes d'âge, des moyennes ajustées des Z-score Taille-pour-âge en fonction de la gravité du retard scolaire des élèves

Discussion

Etant donné qu'il n'existe pas, à notre connaissance, de données sur le retard de croissance, la maigreur et l'insuffisance pondérale des enfants d'âge scolaire à Madagascar, les prévalences obtenues sur l'ensemble des enfants des EPP enquêtées peuvent être comparées à celles des enfants de 4-et 5 ans d'Antananarivo [1]. Les prévalences que nous avons mesurées sont légèrement inférieures (46% vs 49%) pour le retard de croissance, comparables (33%) pour l'insuffisance pondérale et nettement inférieures (2,6 vs 9,2%) pour la maigreur à celles mesurées sur les enfants de 4-5 ans. Ces prévalences peuvent aussi être comparées à celles mesurées chez des enfants de 6 à 17 ans pour le retard de croissance, la maigreur et l'insuffisance pondérale de 1994 à 1996 dans des écoles publiques en zones rurales au Ghana (respectivement, 50%, 4% et 41%), en Tanzanie (55%, 4% et 34%), en Indonésie (58%, 7% et 45%), au Vietnam (51%, 26% et 48%) et en Inde (48%, 31% et 62%) [4]. Les prévalences mesurées dans les EPP d'Antananarivo ne sont que légèrement inférieures à celles mesurées dans ces 5 pays pour le retard de croissance, mais très nettement inférieures pour la maigreur et l'insuffisance pondérale ce qui témoigne du fait que les élèves des EPP d'Antananarivo sont davantage affectés par la malnutrition chronique que par la malnutrition aiguë.

Les effets sur l'état nutritionnel de l'âge et du sexe qui ont pu être mis en évidence à partir des nos données corroborent les observations faites dans les 5 pays précédemment cités [4,16] ainsi qu'au Sri Lanka [17] et en Turquie [18]: les prévalences de malnutrition augmentent avec l'âge et sont plus importantes (sauf pour le retard de croissance en Inde) chez les garçons que chez les filles.

Concernant le niveau d'éducation et le niveau économique des familles, les effets que nous avons observés sur le retard de croissance et l'insuffisance pondérale sont comparables à ceux mis en évidence en Turquie [19] où les prévalences les plus importantes sont observées chez les enfants dont les parents sont illettrés. Des travaux réalisés à Brazzaville (Congo) [20] et à Faisalabad (Pakistan) [21] auprès d'enfants âgés, respectivement, de 5 à 10 ans et de 6 à 13 ans ont fait apparaître que plus le niveau économique des familles est faible, plus les enfants accusent un retard de taille et une insuffisance pondérale. On peut supposer que les parents ayant un niveau d'éducation plus élevé acquièrent plus facilement les connaissances nécessaires relatives aux pratiques recommandées pour l'alimentation et les soins à apporter à leur enfant. Par ailleurs il est probable que la disponibilité d'aliments soit plus importante dans les ménages les plus aisés et que les conditions sanitaires, en particulier l'accès à l'eau potable, soient meilleures dans les familles de niveau économique plus élevé.

Pour ce qui est de la relation entre la taille de la fratrie et l'état nutritionnel, contrairement à Mian *et al* [9] qui n'avaient pas observé de relation significative entre l'état nutritionnel et la taille de la famille chez des enfants pakistanais âgés de 5 à 10 ans, notre étude a permis de mettre en évidence que les enfants issus de familles nombreuses présentent des prévalences de retard de croissance et d'insuffisance pondérale plus importantes que ceux de familles de taille plus réduite. Ceci peut se justifier par le fait qu'au sein de populations défavorisées, l'accès à une alimentation et à des soins suffisants est d'autant plus difficile que le nombre d'enfants dans la famille est élevé.

Nos résultats tendent à montrer que le caractère plus ou moins résidentiel des quartiers dans lesquels vivent les enfants influencerait de manière statistiquement significative sur les indices nutritionnels même lorsque l'on tient compte de la variabilité liée aux caractéristiques socio-économiques de leur proche entourage. Une étude réalisée auprès d'adolescents de 11 à 18 ans avait déjà mis en évidence un effet comparable à Dakha (Bangladesh) [22]. Cette influence du cadre de vie extra-familial pourrait être liée à des conditions d'hygiène plus favorables dans les quartiers les moins défavorisés.

Les travaux faisant état de la relation entre retard scolaire et retard de croissance chez les élèves des écoles primaires sont peu nombreux. Néanmoins, Chevalier et Delpuech [23] avaient déjà observé à la Martinique que les enfants retardés en taille étaient de 2 (en classe de CM2) à 4 (en classe de CP) fois plus nombreux à être en retard scolaire. Par ailleurs, Grira [24] au Bangladesh a observé que les enfants en insuffisance pondérale avaient une progression scolaire retardée. La relation significative existant entre ces deux facteurs peut résulter d'un effet direct de l'état nutritionnel sur les performances scolaires des enfants, dans la mesure où il est reconnu que la malnutrition affecte les capacités cognitives et intellectuelles des enfants [25, 26], mais aussi d'effets de facteurs non identifiés dans cette étude et qui exerceraient simultanément leurs effets sur l'état nutritionnel et le retard scolaire. Il est néanmoins probable que prévenir le retard de croissance dès le plus jeune âge aurait pour effet de limiter le retard scolaire.

Conclusion

Les données récoltées sur les élèves de plus du quart des écoles publiques de la ville d'Antananarivo ont permis de confirmer que l'état nutritionnel préoccupant des enfants d'âge préscolaire à Madagascar se retrouvait au niveau des enfants scolarisés.

Les principaux facteurs déterminants qui ont pu être mis en évidence sont relatifs à l'enfant (âge, sexe), à la famille, (niveau d'éducation des parents, niveau socio économique, taille de

la fratrie) et au cadre de vie (école, quartier). De nombreuses études avaient déjà identifiés ces facteurs dans d'autres contextes des pays en développement, mais peu d'entre elles l'ont fait en prenant en compte simultanément autant de facteurs différents. Cette prise en compte simultanée a permis de relativiser les effets des différents facteurs et de mettre en évidence l'importance particulière du niveau économique des familles et de la taille de la fratrie.

Une relation particulièrement forte entre retard de croissance et retard scolaire a été observée. Pour améliorer les taux de passage en classe supérieure, il apparaît donc nécessaire d'agir sur les causes du retard de croissance, en particulier au cours des 2 ou 3 premières années de vie au moment de son apparition. Néanmoins dans la mesure où la situation nutritionnelle des enfants scolarisés continue à se dégrader après l'âge de dix ans, et pour contribuer à résoudre les effets de la faim immédiate [27], il apparaît comme nécessaire d'améliorer la couverture des besoins nutritionnels des enfants scolarisés par la mise en œuvre de programmes d'alimentation scolaire adaptés à leur contexte.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Programme d'Alimentation Scolaire du programme NUTRIMAD financé par la Région Ile-de-France. Elle a reçu l'appui de Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et de l'IRD. Nos remerciements vont à Monsieur Luc Arnaud, représentant du GRET à Madagascar, et aux membres de l'équipe du Programme Nutrimal pour leur aide et à tous les directeurs d'écoles, les instituteurs, les élèves et leurs parents pour leur coopération.

Références bibliographiques

1. Institut National de la Statistique (INSTAT) [Madagascar], ORC Macro. *Enquête Démographique et de Santé, Madagascar 2003–2004: Rapport de synthèse*. Calverton, Maryland, USA: INSTAT et ORC Macro, 2005.
2. MOST, USAID Micronutrient Program. *Enquête sur la Carence en Vitamine*. Etats-Unis: MOST et USAID, 2004.58p.
3. GMP (Global Malagasy Project), 2001[en ligne]. [Consulté le 26/09/08]. Disponible à partir de: <http://www.tulane.edu/~internut/Countries/Madagascar/madagascarxx.html>.
4. Partnership for Child Development. The anthropometric status of school children in five countries in the Partnership for Child Development. *Proc Nutr Soc* 1998;57:149-58.
5. Powell CA, Walker SP, Chang SM, Grantham-McGregor SM. Nutrition and education: a randomized trial of the effects of breakfast in rural primary school children. *Am J Clin Nutr* 1998;68:873–79.
6. Walsh CM, Dannhauser A, Joubert G. The impact of a nutrition education programme on the anthropometric nutritional status of low-income children in South Africa. *Public Health Nutr* 2002;5(1):3-9.
7. Rivera JA, Sotres-Alvarez D, Habicht JP, Shamah T, Villalpando S. Impact of the Mexican Program for education, health, and nutrition (Progresa) on rates of growth and anemia in infants and young children: A randomized effectiveness study. *JAMA* 2004;291(21):2563-70.
8. Shariff ZM, Bond JT, Johson NE. Nutritional status of primary school children from low income households in Kuala Lumpur. *Mal J Nutr* 2000;6:17-32.
9. Mian RMA, Ali M, Ferroni PA, Underwood P. The Nutritional status of school-aged children in an urban squatter settlement in Pakistan. *Pakistan J Nutr* 2002;1(3):121-3.
10. Mukherjee MJ, Chaturvedi S, Bhalwar R. Determinants of nutritional status of school children. *MJAFI* 2008;64:227-31.
11. MINSANPF, MENRS, ONN, MAEP. *Le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire. Ministère de la Santé et du Planning familial (PNANSS)*. Antananarivo: République de Madagascar, 2006. 15p.
12. Laillou A, de Sesmaisons A, Ralison C, Monvois C, Trèche S. Distributing fortified and high energy density gruel to reduce the failure rate and improve nutritional status of Antananarivo schoolchildren. *Sight and Life Newsletter* 2005;N°2:22-6.

13. Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad school feeding programme: impact on failure rate and nutritional status of Antananarivo schoolchildren. *Sight and Life Newsletter* 2006;N °2:22-6.
14. National Center for Health Statistics (NCHS). *Population Index* 1977;43(2):212-6.
15. OMS. *Mesure des modifications de l'État Nutritionnel. Guide pour la mesure de l'impact nutritionnel des programmes d'alimentation complémentaire visant les groupes vulnérables*. Genève: OMS; 1983. 63p.
16. The Partner 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;92:254-61.
17. Fernando SD, Paranavitane SR, Rajakaruna J, Weerasinghe S, De Silva D, Wickremasinghe AR. The health and nutritional status of school children in two rural communities in Sri Lanka. *Trop Med Int Health* 2000;(5)6:450-2.
18. Ulukanligil M, Seyrek A. Demographic and socio-economic factors affecting physical development, haemoglobin and parasitic infection status of schoolchildren in Sanliurfa province, Turkey. *Pub Health* 2004;118:151-8.
19. Akhtar MS, Bhatti N, Sattar M, Javed MT. Comparison of nutritional status in children of different socio-economic statuses. *Med J Islamic Acad Sci* 2001;14(3):97-102.
20. Mabilia-Babela JR, Massamba A, Ntsila R, Senga P. Statut nutritionnel de l'écolier à Brazzaville : rôle des facteurs environnementaux. *Arch Pediatr* 2003;10:732-7.
21. Anwer I, Awan JA. Nutritional status comparison of rural with urban school children in Faisalabad District, Pakistan. *Rural and Remote Health* 3[en ligne]. 30 mai 2003 [consulté le 8 novembre 2008]. Disponible à partir de <http://rrh.deakin.edu.au/>
22. Izutsu T, Tsutsumi A, Islam AM, Kato S, Wakai S, Kurita H. Mental health, quality of life, and nutritional status of adolescents in Dhaka, Bangladesh: Comparison between an urban slum and a non-slum area. *Soc Sci Med* 2006;63:1477-88.
23. Chevalier Ph, Delpeuch F. Taille, croissance et retard scolaire en Martinique. *Colloque INSERM* 1986;136(1):66-74.
24. Grira H. The determinants of grade attainment in low-income countries: Evidence from rural Bangladesh. *The Developing Economies* 2004, XLII-4:494-509.
25. Sorhaindo A, Feinsten L. *What is the relationship between child nutrition and school outcomes?* London: Centre for Research on the Wider Benefits of Learning; 2006. 52p.
26. PAM. *La faim et la capacité d'apprendre. Collection: la faim dans le monde*. Rome: PAM, 2006. 16p.
27. Lugaz C. *Les programmes d'alimentations scolaire: définition, mise en oeuvre, impact*. Paris: UNESCO, 2006. 43p.

PARTIE III

Qualité nutritionnelle et adéquation de la collation fortifiée utilisée dans le PAS-Nutrimad

Introduction

Les résultats du diagnostic de l'état nutritionnel nous ont permis de vérifier l'étendue des problèmes nutritionnels rencontrés par les élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. Sur l'ensemble des enfants enquêtés, 45% d'entre eux sont en retard de croissance dont 14% sous la forme sévère, 33% sont atteints d'insuffisance pondérale et 36% ont un indice de masse corporelle inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence. Par ailleurs, il semblerait que pour une majorité d'entre eux, les apports quotidiens en énergie, en protéines et en micronutriments soient insuffisants (Ratsito, 2004). Ces constatations ont conforté les choix faits dans le cadre du PAS-Nutrimad de proposer aux enfants scolarisés une collation. La forme choisie pour cette collation est une bouillie hautement énergétique et fortifiée en micronutriments.

Cette bouillie est préparée à partir d'une farine à base de maïs et d'arachide. Le choix s'est porté sur ces deux ingrédients car ils sont à la fois appréciés des enfants, disponibles pendant toute l'année, d'un prix relativement peu élevé avec une composition en macronutriments intéressante. Des compléments minéraux et vitaminiques ont été ajoutés afin de pallier les déficits en micronutriments au niveau des apports alimentaires des enfants. Une amylase, la BAN 800MG, est également ajoutée pour réduire la viscosité de la bouillie et permettre ainsi de la préparer à une concentration en matière sèche élevée (≈ 28 g MS /100 g de bouillie). La collation a été mise au point pour être facile à préparer au sein d'une école. Elle est servie aux enfants sous forme d'une ration de 350 ml, quantité choisie après réalisation d'études préliminaires sur les capacités d'ingestion des enfants (De Sesmaisons, 2004).

Cette partie de notre étude se propose de caractériser la farine fortifiée utilisée et de vérifier son adéquation dans le cadre de la stratégie d'amélioration de l'alimentation des enfants d'âge scolaire mis en œuvre par Nutrimad. Le premier chapitre fait état des résultats obtenus en mettant en œuvre des méthodes biochimiques permettant d'étudier, d'une part, la composition en nutriments de la farine fortifiée et, d'autre part, la digestibilité et la biodisponibilité *in vitro* de l'amidon, du fer et du zinc qu'elle contient. Les analyses ont été réalisées au laboratoire de l'UR 106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés» de l'IRD de Montpellier, d'une part, sur des échantillons de farine et, d'autre part, sur des bouillies prêtes à être consommées.

Le deuxième chapitre est consacré aux études menées au niveau des écoles, à l'occasion d'observations des modalités de préparation par les cantinières, de prélèvements d'échantillons et d'observations des modalités de consommation par les élèves, afin de vérifier :

- que la consistance choisie pour les bouillies au moment de l'élaboration des farines est bien optimale ;
- que la quantité de bouillie choisie pour être servie aux enfants au moment des récréations est bien appropriée;
- que les modalités de préparation des bouillies au niveau des écoles sont bien conformes aux recommandations et leur confèrent bien les caractéristiques prévues, notamment en termes de consistance et de densité énergétique et en nutriments.

Chapitre 1:

Qualité nutritionnelle de la farine fortifiée

Introduction

La mise en œuvre de la stratégie d'amélioration de l'alimentation des enfants d'âge scolaire a abouti à l'élaboration d'une farine fortifiée. Pour répondre aux objectifs nutritionnels fixés par le programme Nutrimad, cette farine a été formulée de façon qu'elle ait, après incorporation de 2% d'huile au moment de la préparation de la bouillie, une teneur minimale en protéines digestibles de 1,92 g/100 kcal et une teneur en lipides telle que les lipides contribuent pour 21% au contenu énergétique de la bouillie. Par ailleurs, le choix des ingrédients et des procédés technologiques devait permettre d'assurer une biodisponibilité suffisante aux nutriments essentiels tels que le fer et le zinc.

Afin d'obtenir une densité énergétique suffisante, et donc de pouvoir apporter suffisamment d'énergie dans un volume limité, l'incorporation d'amylases exogènes dans les farines est la technique la plus utilisée (Trèche & Mouquet-Rivier, 2008). Elle permet de fractionner les molécules constitutives de l'amidon. Une enzyme industrielle, la BAN 800MG, a été utilisée dans la farine fortifiée en raison de son efficacité et de son prix raisonnable. Elle est incorporée à la farine au moment du mélange des autres ingrédients. Si l'effet de cette enzyme sur la consistance des bouillies est bien connu, son influence sur la digestibilité de l'amidon restait méconnue.

Par ailleurs, la biodisponibilité de nutriments essentiels à l'homme, tels que le fer et le zinc, est particulièrement importante chez les enfants dans la mesure où ces minéraux influent sur leur état nutritionnel et leurs performances scolaires (Brown, 2003; Singh, 2004). Leur biodisponibilité est limitée par la présence de facteurs antinutritionnels tels que les phytates, les tannins ou les fibres qui complexent le fer et le zinc et gênent leur absorption intestinale (Lynch, 1997; Hurrell, 2003). Des procédés enzymatiques ou l'ajout de substances activatrices peuvent être mis en œuvre pour améliorer cette biodisponibilité (Lestienne, 2004).

Dans ce chapitre, nos objectifs sont, d'une part, de déterminer la composition nutritionnelle de la farine fortifiée, d'étudier la digestibilité de l'amidon et la biodisponibilité *in vitro* du fer et du zinc qu'elle contient et, d'autre part, d'étudier la possibilité d'augmenter la biodisponibilité du fer et du zinc de la farine en utilisant des procédés enzymatiques ou la simple incorporation d'un activateur (EDTA).

Matériels et méthodes

1. Analyse de la composition en nutriments et en facteurs antinutritionnels de la farine fortifiée

1.1. Préparation des échantillons

La détermination de la composition nutritionnelle de la farine fortifiée a été réalisée sur des échantillons prélevés au niveau de l'unité de production. Les échantillons ont été conditionnés

dans des sachets hermétiquement fermés, réfrigérés avant d'être envoyés au laboratoire de l'UR 106 de l'IRD à Montpellier.

1.2. Méthodes de dosage

1.2.1. Détermination de la teneur en matière sèche (MS)

La teneur en matière sèche de chaque échantillon a été déterminée par la méthode AFNOR qui consiste en une dessiccation de l'échantillon dans une étuve à une température de $103^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ jusqu'à poids constant (AFNOR, 1993).

1.2.2. Dosage des protéines totales

La méthode de Kjeldahl a été utilisée pour déterminer la teneur en protéines totales. Elle a pour principe de déterminer la teneur en azote de l'échantillon après minéralisation et à déduire la teneur en protéines totales en utilisant un coefficient de conversion 6,25 (Multon, 1991; AFNOR, 1993).

L'échantillon est minéralisé par voie humide, en utilisant de l'acide sulfurique concentré. Ensuite, l'échantillon minéralisé est alcalinisé par du sulfate d'ammonium pour produire de l'ammoniac qui est titré avec de l'acide sulfurique 0,04N pour déterminer la quantité d'azote présente dans l'échantillon. Enfin, la quantité de protéines est calculée en utilisant le facteur de conversion.

1.2.3. Dosage des lipides

Les lipides sont traités avec de l'acide chlorhydrique à 37% puis extraits avec de l'éther de pétrole au moyen d'un Soxtec Tecator (Note Tecator n°3144). Le solvant est ensuite évaporé afin de déterminer la teneur en lipides par gravimétrie.

1.2.4. Détermination de la teneur en minéraux totaux

La méthode utilisée a été décrite par Laporte *et al* (1980). L'échantillon est minéralisé pendant 3h et à 530°C au four à moufle. Les cendres sont ensuite fixées par ajout de 3 ml de solution de HNO_3 7 N évaporé sur plaque chauffante, puis solubilisées dans 25 ml d'HCl 0,5 N. Les résidus qui n'étaient pas totalement blancs après évaporation de l'acide nitrique ont été minéralisés au four à 530°C pendant 1H supplémentaire.

Les minéraux, en particulier le fer et le zinc, ont ensuite été dosés par spectrométrie d'absorption atomique (SPectrAA 200, Varian, Australia Pty Ltd).

1.2.5. Dosage des fibres NDF

La détermination de la teneur en fibres NDF (cellulose et lignine) a été réalisée par gravimétrie au moyen d'un Dosi-fiber (Selecta, Barcelone, Espagne) selon la méthode de Van Soest & Wine (1967).

Les lipides sont éliminés par l'éther de pétrole, l'amidon est dégradé en utilisant un détergent acide. La teneur en fibres est déterminée par gravimétrie, après soustraction des quantités de protéines et de cendres présentes dans le résidu.

1.2.6. Dosage des facteurs antitrypsiques

L'échantillon préalablement délipidé est mis en suspension dans de l'acide chlorhydrique 0,0025N (pH compris entre 2,8 et 3,0) pendant 30 min. Des quantités croissantes de cette suspension sont ensuite mises en contact avec un excès de trypsine. La quantité de trypsine en excès est ensuite dosée en utilisant du chlorhydrate de N α -benzoyl D L arginine p-Nitroanilide (BAPNA). La formation de coloration jaune due au complexe trypsine-BAPNA est mesurée au spectrophotomètre à 410 nm.

1.2.7. Détermination des teneurs en phytates

La teneur en phytates a été déterminée en utilisant la méthode développée par [Talamond et al \(2000\)](#) qui détermine les teneurs en *myo*-inositol 6-phosphates (IP6) par chromatographie ionique Dionex.

Deux cent milligrammes de farine additionnés de 10 ml d'HCl 0,5 M sont mis à agiter 6 min au bain marie à ébullition, puis centrifugés à 5000 g pendant 20 min à 4°C. Le surnageant est amené à une concentration en HCl équivalente à 2 M en ajoutant 1,5 ml d'HCl 12N. Les échantillons sont ensuite évaporés à sec à l'aide d'un évaporateur centrifuge (Jouan RC 10-10, Saint Herblain, France), puis stockés à 4°C jusqu'au dosage.

Dans les 10 min précédant l'injection, le culot est repris dans 2 ml d'eau millipore et filtré (Acrodisc de 0,2 µm). Le filtrat obtenu est dilué au 1/50.

Cinquante microlitres de filtrat sont ensuite passés sur une colonne échangeuse d'anions Omnipac Pax-100 (25 cm x 4 mm I.D. Dionex) équipée d'une pré-colonne Omnipac Pax-100 (8 µm) et d'un suppresseur d'anion (ASRS-I 4 mm). La séparation est assurée par un gradient d'élution composé de 3 solvants: solution de NaOH à 200 mM, eau-isopropanol (1/1, v/v) et eau ([Talamond et al, 2000](#)).

2. Etude de la digestibilité *in vitro* de l'amidon

La digestibilité *in vitro* de l'amidon a été mesurée sur des bouillies prêtes à être consommées.

2.1. Préparation des bouillies

Deux types de bouillies ont été préparés. La première bouillie (B1) a été préparée par simple mélange de maïs torréfié, d'arachide torréfiée et de sucre (sans amylase). La deuxième bouillie (B2) a été préparée à partir d'un échantillon de la farine fortifiée utilisée dans le PAS-Nutrimad (avec amylase). Les deux bouillies ont été préparées de manière à avoir une teneur en MS de 28%, teneur à laquelle les bouillies sont servies aux enfants.

Le mélange farine/eau est cuit sur une plaque chauffante dont la montée en température se fait progressivement jusqu'à 230°C en environ 10 min. La suspension de farine, constamment remuée, est portée à 85°C, température correspondant à l'apparition des premières bulles. La cuisson est arrêtée après 10 min d'ébullition et laissée à refroidir à température ambiante. Les mesures sont réalisées sur des échantillons prélevés quand la bouillie atteint une température de 45°C.

2.2. Méthode de mesure de la digestibilité

La méthode adoptée est celle décrite par [Bravo & Englyst \(1998\)](#) qui est une simulation de la digestibilité de l'amidon *in vivo*. Elle utilise des enzymes qui hydrolysent spécifiquement l'amidon. Différentes mesures ont été réalisées sur les échantillons : teneurs en amidon total, en «amidon rapidement digestible» (RDS) et en «amidon lentement digestible» (SDS). Les quantités de glucose libérées sont ensuite mesurées par spectrophotométrie.

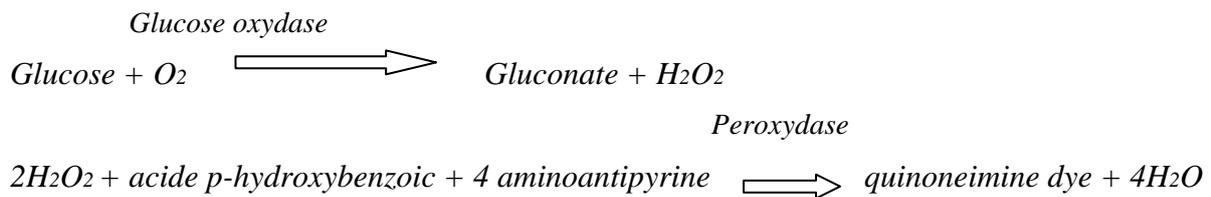
Pour le dosage de l'amidon total, les échantillons sont traités avec 1,5 ml d' α -amylase thermostable issu du *B. licheniformis* (3000U/ml, Megazyme E-BLAAM) à 95-100°C afin de libérer des maltodextrines, puis par 50µl d'amyloglucosidase purifié (200U/ml, Megazyme E-AMGDF) pour poursuivre l'hydrolyse des maltodextrines en glucose.

Les teneurs en RDS et en SDS des bouillies ont été déterminées en incubant les échantillons dans une solution enzymatique contenant de l'invertase, de la pancréatine et de l'amyloglucosidase. Dans des tubes en pyrex à vis, 16x100mm, de capacité 14 ml, on introduit 0,8 g d'échantillon de bouillie et on ajoute 1,6 ml de pepsine (50 mg/10 ml de HCl

0,05M, Sigma P7000). Les suspensions sont ensuite homogénéisées à l'ultra-turrax pendant 10 s à vitesse maximale. Cette opération est répétée 2 fois, avant que les tubes ne soient passés au vortex.

Puis, les échantillons sont incubés à 37°C dans un bain-marie à agitation horizontale pendant 30 min. On ajoute ensuite 5 ml d'une solution enzymatique contenant de l'invertase, de la pancréatine (qui contient entre autres de l'amylase, Sigma P-1750) et de l'amyloglucosidase (Megazyme). Après 20 min d'incubation en présence du milieu réactionnel, un prélèvement d'une aliquote (0,5 ml) est réalisé pour détermination du RDS. L'incubation est poursuivie ensuite pendant 100 min avant que le prélèvement d'une autre aliquote (0,5 ml) pour détermination du SDS ne soit réalisé.

Le glucose libéré des différentes aliquotes est dosé selon la méthode Megazyme (Réf K-Gluc) basée sur la réaction avec le glucose oxydaseperoxydase (GOPOD) (Megazyme, 2005).



Une gamme étalon correspondant aux extraits à doser est préparée à partir d'une solution mère de glucose (Sigma G8270) à 2 g/l. Les tubes sont incubés 20 min à 50°C, avant lecture de l'absorbance à 510 nm.

Les modalités de calculs sont données en annexe 8. Les résultats obtenus sont exprimés en g/100 g de MS.

3. Etude de la biodisponibilité *in vitro* du fer et du zinc

3.1. Echantillons utilisés

Les différents dosages ont été réalisés sur des échantillons de farine fortifiée prélevés au niveau de l'unité de production TAF et sur des échantillons de bouillies lyophilisées préparées à partir de ces farines.

Les bouillies ont été préparées de manière à avoir une teneur en MS de 28%, teneur à laquelle les bouillies sont servies aux enfants.

Le mélange farine/eau est cuit sur une plaque chauffante dont la montée en température se fait progressivement jusqu'à 230°C en environ 10 min. La suspension de farine, constamment remuée, est portée à 85°C, température correspondant à l'apparition des premières bulles. La cuisson est arrêtée après 10 min d'ébullition et laissée à refroidir à température ambiante. Les mesures sont réalisées sur des échantillons prélevés quand la bouillie atteint une température de 45°C.

3.2. Méthode de digestion *in vitro* (DIV)

La méthode de digestion *in vitro* mise en œuvre est inspirée de celle utilisée par Lestienne (2005) pour étudier les biodisponibilités du fer et du zinc dans les grains de mil.

Les biodisponibilités ont été estimées par leur digestibilité en conditions physiologiques simulées *in vitro* à l'aide d'une méthode dérivée de celle de Lönnerdal *et al* (1993). La méthode comporte 2 étapes, une digestion gastrique suivie d'une digestion intestinale.

Les solutions d'enzymes utilisées lors de la digestion *in vitro* sont préparées juste avant leur utilisation de la manière suivante:

- la solution de pepsine est préparée à partir de 0,4 g de pepsine, de 10 ml de HCl 0,1M et de 5 g de résine Chélex-100 (réf 142-2842, Bio-Rad). Le mélange est solubilisé pendant 30 min sur un agitateur rotatif (Reax 2) à 60 tours/min ;
- la solution de pancréatine et d'extrait de bile est composée de 0,05 g de pancréatine, de 0,3 g d'extrait de bile, de 25 ml de NaHCO₃ et de 12,5 g de résine Chelex-100. Le mélange est solubilisé dans les mêmes conditions que la solution de pepsine.

Au bout de 30 min, les résines sont filtrées avec du papier Whatman N°41. Les filtres sont rincés soit avec 10 ml de HCl 0,1M (solution de pepsine) soit avec 10 ml de solution de NaHCO₃ (solution de pancréatine/extrait de bile). Les volumes finaux des solutions sont de 17 ml avec 14900UI/ml pour la solution de pepsine et de 27 ml avec 1,85 mg de pancréatine et 11 mg d'extrait de bile/ml pour la solution de pancréatine et d'extrait de bile.

3.2.1. Digestion gastrique

Les échantillons de farine ou de bouillies lyophilisées (2 g) sont mis en suspension dans 20 ml d'eau millipore puis au bain marie à 37°C pendant 5 à 10 min. Afin de reproduire le pH gastrique, le pH de la suspension est ajusté à 2 avec de l'acide chlorhydrique 1M. On ajoute 1 ml de solution de pepsine et on poursuit l'incubation au bain marie à 37°C pendant 1H.

3.2.2. Digestion intestinale

Après 1H de digestion gastrique, le pH est de nouveau ajusté à 4 avec du tampon PIPES 0,15 mM avant d'ajouter 5 ml de solution de pancréatine et d'extrait de bile. Le pH est de nouveau réajusté à 7 avec du tampon PIPES. On laisse incuber sous agitation pendant 2H au bain marie 37°C.

Au bout de 2H, la réaction enzymatique est arrêtée en mettant la suspension dans de la glace jusqu'à refroidissement.

3.3. Dosage des teneurs en fer et en zinc solubles

Les suspensions précédentes sont centrifugées à 10.000 g et à une température de 4°C pendant 30 min. Les surnageants récupérés sont mis à évaporer sous hôte aspirante et mis à l'étuve à 105°C pendant une nuit. Les teneurs en fer et en zinc solubles sont ensuite déterminées comme pour le dosage des minéraux totaux (Cf. paragraphe 1.2.4).

Le coefficient de DIV des minéraux solubles correspond au rapport de la quantité de minéral dans le digestat sur la quantité initialement présente dans l'échantillon multiplié par 100.

4. Essais réalisés en vue d'améliorer la biodisponibilité *in vitro* du fer et du zinc

Les essais ont consisté à mesurer l'effet sur la biodisponibilité du fer et du zinc dans les farines, d'une part, de traitements enzymatiques visant à réduire leurs teneurs en phytates et/ou dégrader partiellement les fibres des parois des cellules végétales et, d'autre part, de l'ajout d'EDTA, substance connue pour être un activateur de la biodisponibilité des minéraux.

4.1. Traitement avec des phytases et/ou des xylanases

La solution de phytases est préparée à partir de 0,67 g de phytase de blé (Sigma, P 1259), de 10,5 mg de phytase d'*Aspergillus ficuum* (Sigma, P 9792) et de 15 ml de tampon acétate 0,1M à pH 5,0. La solution est solubilisée pendant 30 min avec 7,5 g de résine Chélex-100, puis filtrée de manière à séparer la résine. Le filtre est rincé de manière à obtenir 70 ml de solution enzymatique. Ces quantités permettent d'obtenir des activités phytasiques de, respectivement 144u/l et 516u/l, dans les conditions opératoires utilisées.

La solution de xylanases est obtenue avec 0,35 g de xylanases de *Trichoderma viride*, 10 ml de tampon acétate 0,1M à pH=5,0. La solution est solubilisée et agitée pendant 30 min avec 5 g de résine Chelex-100. Elle est ensuite filtrée avec du tampon acétate de façon à obtenir 70 ml de solution enzymatique à 12000u/l.

Pour obtenir une solution de xylanases/phytases, les mêmes quantités d'enzyme que précédemment sont utilisées (0,67 g de phytases de blé, 10,5 mg de phytases d'*Aspergillus ficuum*, 0,35 g de xylanases de *Trichoderma viride*). Elles sont dissoutes dans 20 ml de tampon acétate et agitées avec 10 g de résine Chélex-100. Le volume final est ajusté à 70 ml.

Les échantillons de farines sont traités par ces solutions enzymatiques de la façon suivante: ils sont incubés dans des solutions de phytases et/ou de xylanases et dans une solution de tampon acétate. La farine est répartie dans des tubes Falcon de 50 ml, mélangée à raison de 5 g pour 7,5 ml de solution enzymatique ou de tampon acétate. Le mélange est incubé à la température de 37°C et agité doucement (60 tours/min) pendant 3H30. Les tubes sont ensuite refroidies à 4°C afin d'arrêter les réactions enzymatiques. Les suspensions sont centrifugées à 2600g et à 4°C pendant 15 min. Les culots récupérés sont congelés et lyophilisés avant de faire l'objet d'une détermination de la digestibilité *in vitro* du fer et du zinc qu'ils contiennent.

4.2. Ajout d'un activateur (EDTA)

La farine fortifiée est additionnée d'EDTA, un chélateur qui a pour effet de préserver les minéraux d'autres chélateurs que sont certains facteurs antinutritionnels. Cette molécule est ajoutée dans un rapport molaire EDTA/fer total de la bouillie égal à 0,5. Ce rapport est considéré par [Macphail et al \(1994\)](#) comme le rapport pouvant améliorer de manière optimale la digestibilité *in vitro* du fer.

Le mélange farine + EDTA fait ensuite l'objet d'une détermination de la digestibilité *in vitro* du fer et du zinc qu'il contient.

Résultats et discussion

1. Composition en nutriments et en facteurs antinutritionnels

La composition de la farine fortifiée est récapitulée dans le tableau III/1-1.

Tableau III/1-1: Teneurs en nutriments et en facteurs anti-nutritionnels de la farine fortifiée

Nutriments	Nombre de répétition	Moyenne ± écart-type
Matière sèche (g/100 g MB)	2	94,2±0,1
Protéines brutes (g/100 g MS)	2	9,25±0,04
Lipides (g/100 g MS)	2	7,48±0,12
Cendres totales (g/100 g MS)	4	3,70±0,14
Fer total (mg/100 g MS)	4	12,2±1,2
Zinc total (mg/100 g MS)	4	17,4±0,2
Energie (kcal/100 g MS)	4	411,9
Facteurs antinutritionnels		
Fibres NDF (g/100 g MS)	4	2,68±0,30
Phytates (gIP6/100 g MS))	3	0,32±0,02
Facteurs antitrypsiques (TUI/mg MS)	2	0,19±0,02

MB : Matière brute, MS : Matière sèche

La farine fortifiée a une teneur en MS de 94% permettant une bonne conservation étant donné que le taux d'humidité acceptable est de 7 à 9% (Broutin, 2005). Son contenu énergétique, calculé en utilisant les coefficients spécifiques d'Atwater, est de 412 kcal / 100 g de MS (soit 388 kcal/100 g de MB).

La teneur en protéines brutes (9,25 g/100g MS) est légèrement supérieure aux objectifs nutritionnels fixés au moment de la formulation. En effet, ces objectifs étaient, dans la farine additionnée de lipides, de 1,92 g de protéines digestibles, soit 2,13 g de protéines brutes, pour 100 kcal ce qui correspond à une teneur en protéines brutes de 8,98 g /100g de MS dans la farine additionnée de lipides et 9,17 g /100 g de MS dans la farine seule.

En revanche, la teneur en lipides (7,48 g/100 g MS) est légèrement insuffisante pour que, après incorporation des 2% d'huile, le mélange atteigne les objectifs nutritionnels fixés à 21% de l'énergie sous forme lipidique. En effet, il faudrait pour cela que la farine additionnée d'huile, dont le contenu énergétique est de 421,7 kcal /100g MS, contienne 88,6 kcal d'énergie sous forme de lipides, soit 9,83 g de lipides 100g MS ce qui nécessiterait que la farine elle-même ait une teneur en lipides de 7,99 g de lipides / 100 g de MS.

Toujours par rapport aux objectifs nutritionnels fixés, les teneurs totales en fer et en zinc (respectivement de 12,2 mg et de 17,4 mg/100 g MS) sont moins élevées pour le fer et plus élevées pour le zinc que les teneurs permettant à la farine additionnée d'huile d'atteindre les objectifs nutritionnels fixés (3,50 et 3,78 mg/100 kcal, soit 14,8 et 15,9 mg/100g MS, respectivement pour le fer et le zinc). Pour ce faire, il aurait fallu que les teneurs en fer et en zinc dans la farine soient, respectivement de 15,0 et 16,3 mg/100 g MS dans la farine.

La teneur en fibres (2,68 g/100 g MS) est acceptable en regard des recommandations internationales (≤ 5 g/100 g de produit) pour les farines infantiles (FAO/OMS, 2008). La teneur en phytates (0,32 g /100g MS) de la farine fortifiée est faible comparée à celle trouvée (0,8 à 2,2 g/100 g MS) par Reddy (2002) dans plusieurs variétés de maïs brut (*Zea mays*). Les valeurs obtenues pour les facteurs antitrypsiques (0,19 TUI/mg MS) sont très faibles. Ce résultat n'est pas étonnant dans la mesure où le maïs et l'arachide, les deux seuls composants de la farine susceptibles d'en contenir ont été torréfiés, que les graines brutes de maïs, principal composant de la farine fortifiée, en contiennent peu (3,25 TUI/mg MS selon Ejigui *et al*, 2005a) et que même si l'arachide à l'état brut en contient des quantités notables (18,9 à 23,1 TUI/mg MS selon Pasquet *et al*, 1987 ; 16,3 TUI/mg MS selon Ejigui *et al*, 2005b) la torréfaction est connue pour avoir comme effet de les dégrader.

2. Digestibilité *in vitro* de l'amidon de la bouillie fortifiée

La plus ou moins grande digestibilité de l'amidon se caractérise par la fraction de l'amidon total pouvant être facilement dégradée par des solutions enzymatiques et par la vitesse à laquelle cette dégradation se produit. L'importance relative des différentes fractions dans les bouillies préparées à partir, soit d'un simple mélange maïs/arachide/sucre, soit de la farine fortifiée complète contenant de l'amylase est présentée dans le tableau III/1-2. Préparées à la même concentration d'environ 28 g de MS pour 100g, les deux bouillies avaient des consistances très différentes : très solide pour la bouillie B1 et fluide pour la bouillie B2 suite à la dextrinisation d'une partie de l'amidon sous l'effet de l'amylase.

Tableau III/1-2: Comparaison des différentes fractions de l'amidon des bouillies préparées à partir d'un mélange maïs/arachide/sucre (B1) et de la farine fortifiée complète (B2)

		Bouillie B1		Bouillie B2	
		<i>n</i>		<i>n</i>	
Teneur en amidon total (g/100 g MS)		3	40,7±0,6	3	44,5±0,89
RDS ¹	En g/100 g MS	8	23,3±1,8	8	26,6±0,7
	En % amidon total		57,2		59,8
SDS ²	En g/100 g MS	8	14,0±4,51	8	9,4±3,56
	En % amidon total		34,4		21,1
Amidon non digestible ³	En g/100 g MS	-	3,4	-	8,5
	En % amidon total		8,3		19,0

¹ RDS : Rapidly Digestible Starch (amidon rapidement digestible)

² SDS : Slowly Digestible Starch (amidon lentement digestible)

³ Amidon non digestible après 120 min d'incubation obtenu en retranchant le RDS et le SDS à l'amidon total.

La teneur en amidon total (AT) de la bouillie B2, préparée avec la farine fortifiée contenant de la BAN 800 MG est plus élevée que celle de la bouillie B1, préparée avec un simple mélange de maïs, d'arachide et de sucre (41 g vs 44 g/100 g MS). Exprimée en pourcentage de l'amidon total, la fraction RDS est légèrement plus élevée dans la bouillie B2 (~60% de l'AT) que dans la bouillie B1 (57% de l'AT), mais ces deux valeurs ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). Par ailleurs, la fraction SDS (21% de l'AT) et la fraction non digestible (19,0% de l'AT) sont respectivement moins et plus importantes dans la bouillie B2 que dans la bouillie B1 (respectivement 3,4% et 8,3 de l'AT).

Ces résultats sont difficilement explicables dans la mesure où au cours de la cuisson de la bouillie B2, l'amylase BAN 800 MG contenue dans la farine fortifiée a dextrinisé une partie de l'amidon de la bouillie B2 ce qui aurait pu se traduire par une augmentation de la teneur en RDS.

3. Digestibilité *in vitro* du fer et du zinc dans la farine fortifiée

3.1. Valeurs obtenues par les méthodes classiquement utilisées pour les aliments non fortifiés

Les valeurs des estimations de la digestibilité *in vitro* du fer et du zinc contenus dans la farine fortifiée et dans la bouillie préparée à partir de cette farine sont données dans le tableau III/1-3.

La comparaison des teneurs en fer et zinc digestibles aux teneurs totales correspondantes dans les mêmes échantillons met en évidence de très faibles coefficients de DIV (respectivement, 4% et 2% pour le fer et le zinc pour la farine et 2,8% pour les deux minéraux dans la bouillie). Ces valeurs sont nettement plus faibles que celles obtenues, en utilisant les mêmes méthodes de dosage, par [Lestienne \(2004\)](#) sur des farines de mil non fortifiées (respectivement, 16% et 22% pour le fer et le zinc). Ces résultats laissent supposer que la méthode de digestion *in vitro* que nous avons utilisée, qui s'était avérée satisfaisante pour étudier la digestibilité *in vitro* du fer et du zinc endogènes dans des échantillons de céréales, n'est pas adaptée pour déterminer la biodisponibilité des minéraux dans des farines fortifiées.

Tableau III/1-3: Digestibilité *in vitro* du fer et du zinc dans la farine fortifiée et la bouillie

	Fer		Zinc	
	Farine	Bouillie	Farine	Bouillie
Teneur totale (g/100 g MS)	12,15±1,16 (n=4)	13,69±0,12 (n=2)	17,43±0,18 (n=4)	16,25±0,38 (n=2)
Teneur digestible (g/100 g MS)	0,49±0,06 (n=4)	0,38±0,10 (n=4)	0,40±0,09 (n=4)	0,45±0,03 (n=3)
Coefficient de DIV (%)	3,95	2,78	2,29	2,77

3.2. Essais complémentaires en vue d'identifier les facteurs responsables des faibles valeurs de digestibilité obtenues pour le fer.

Afin de déterminer les raisons pour lesquelles cette méthode n'est pas appropriée aux farines fortifiées, des analyses complémentaires ont été réalisées pour vérifier l'effet de certaines conditions de réalisation de la méthode de dosage du fer.

3.2.1. Influence de la forme chimique utilisée

Des poudres de fumarate de fer (d'origine Sigma ou Fortitech) et de sulfate de fer (d'origine Fortitech) sont directement mis dans une capsule pour être minéralisés au four à 550°C. Les teneurs en fer récupéré après minéralisation sont consignées dans le tableau III/1-4.

Tableau III/1-4: Teneurs en fer récupéré après minéralisation en fonction de l'origine et de la forme chimique incorporée (moyenne±ET)

		Fumarate de fer		Sulfate de fer
		Sigma	Fortitech	Fortitech
<i>n</i>		2	2	2
Fer théorique	<i>En mg/100 g de prise d'essai</i>	3,53±0,05	7,10±0,23	6,71±0,11
Fer récupéré	<i>En mg/100 g de prise d'essai</i>	1,69±0,04	5,68±0,21	6,13±0,23
	En %	47,8	79,0	91,4

Le fer contenu initialement dans les fortifiants n'est pas totalement récupéré, seulement 48% pour le fumarate de fer d'origine Sigma, 79% pour celui d'origine Fortitech et 91% pour le sulfate de fer. Les fortifiants d'origine Fortitech sont mieux récupérés. Avec une biodisponibilité relative de 100 (Berger, 2003), le sulfate de fer et le fumarate ferreux sont les fortifiants les plus utilisés ; les différences de pourcentage de fer récupéré observées pourraient être liées à la granulométrie des formes chimiques utilisées. Les travaux réalisés *in vivo* sur d'autres composés de fer ont d'ailleurs montré qu'une plus grande solubilité du fer est liée à une faible granulométrie (Verma *et al*, 1977; Swain *et al*, 2003 ; Wegmüller *et al*, 2004).

3.2.2. Influence du pH (de 4,7 à 8,5)

Le fumarate de fer a été mis en solution à pH différents avant d'être minéralisés au four. Les pourcentages de fer récupéré après minéralisation sont présentés dans le tableau III/1-5.

A pH=8,5, seulement 2% de fer est récupéré contre 29% à pH=7. Argo (1994) avait déjà noté que le fer est soluble à pH acide et se précipite à pH basique : il est donc possible que la solubilité du fer dépende du pH.

Tableau III/1-5 : Influence du pH sur les teneurs en fer récupéré

		pH=4	pH=7	pH=8,5
<i>n</i>		3	3	3
Fer théorique	<i>En mg/100 g de prise d'essai</i>	3,67±0,10	3,77±0,30	3,65±0,16
Fer récupéré	<i>En mg/100 g de prise d'essai</i>	0,86±0,20	1,08±0,19	0,07±0,01
	<i>En %</i>	23,4	28,7	1,9

3.2.3. Influence de la matrice et du mode d'incorporation

Les fortifiants utilisés précédemment ont été incorporés dans une farine composée de maïs/arachide/sucre. Le fumarate de fer (Sigma) a été incorporé sous forme de poudre et sous forme de solution ayant un pH=8,5. Le sulfate de fer a été ajouté à la farine sous forme de poudre. Après minéralisation, les teneurs en fer récupéré sont donnés dans le tableau III/1-6.

Tableau III/1-6 : Teneurs en fer récupéré dans la farine de maïs/arachide/sucre fortifiée avec du fumarate de fer (Sigma) et du sulfate de fer (Fortitech)

		Fumarate de fer+farine		Sulfate de fer+farine
Forme d'incorporation		En solution, pH=8,5	En poudre	En poudre
<i>n</i>		2	2	2
Fer théorique	<i>En mg/100 g de farine</i>	4,95±1,23	6,87±0,28	6,95±0,16
Fer récupéré	<i>En mg/100 g de prise d'essai</i>	0,139±1,23	4,03±0,57	5,05±0,83
	<i>En %</i>	2,8	58,7	38,1
Témoin (<i>Fer récupéré à partir de poudre ou de solution</i>)	<i>En %</i>	1,9	47,8	91,4

Qu'il soit incorporé dans les farines sous forme de solution ou de poudre, une amélioration des taux de récupération du fer est observée pour le fumarate de fer. En revanche, les taux de récupération diminuent pour le sulfate de fer. La complexation du fer par l'amidon (Ciesielki *et al*, 2003 ; 2004 ; Somsook *et al*, 2005) ou l'interaction du fer avec d'autres composés de la farine peuvent être les causes de l'augmentation ou de la diminution du fer récupéré.

4. Effets des différents traitements visant à améliorer la digestibilité *in vitro* du fer et du zinc

Bien que la méthode de digestion *in vitro* que nous avons mise en œuvre n'ait pas permis de déterminer la digestibilité *in vitro* du fer et du zinc, quatre types de traitements visant à améliorer leur digestibilité ont été tout de même réalisés. Les résultats sont résumés dans le tableau III/1-7.

Tableau III/1-7: Comparaison des teneurs en fer et en zinc digestibles dans la farine fortifiée après application des différents traitements

Traitements appliqués	Aucun	Ajout de phytases	Ajout de xylanases	Ajout de phytases/xylanases	Ajout d'EDTA	NdS ¹
Teneur en fer total (mg/100 g MS)	12,15±1,16 (n=4)					
Teneur en fer digestible (mg/100 g MS)	0,49±0,06 ^a (n=4)	0,78±0,38 ^{ab} (n=6)	1,66±0,61 ^{bc} (n=6)	1,20±0,30 ^{cd} (n=5)	2,26±0,52 ^d (n=5)	<0,01
Teneur en zinc total (mg/100 g MS)	17,43±0,18 (n=4)					
Teneur en zinc digestible (mg/100 g MS)	0,40±0,09 ^a (n=4)	0,42±0,01 ^a (n=4)	0,44±0,02 ^a (n=2)	0,40±0,04 ^a (n=2)	1,29±0,08 ^b (n=4)	<0,0001

¹Nds : Niveau de signification (en fonction du traitement subi par la farine fortifiée), Analyse de variance à un facteur

Les moyennes accompagnées de lettres différentes sont statistiquement différentes au niveau de signification indiqué

Selon les traitements appliqués, les teneurs en fer digestible varient, après traitement, de 0,49 à 2,26 mg/100 g de MS. La teneur en fer digestible la plus importante est obtenue avec l'EDTA, mais elle n'atteint pas 18% de la teneur en fer total.

L'effet des traitements enzymatiques sur les teneurs en zinc digestibles est quasiment nul. Seule, l'incorporation d'EDTA permet d'augmenter sensiblement (de 0,40 à 1,29 mg/100g MS) la digestibilité *in vitro* du zinc.

Les coefficients de DIV des deux minéraux en fonction des traitements subis sont comparés sur la figure III/1-1.

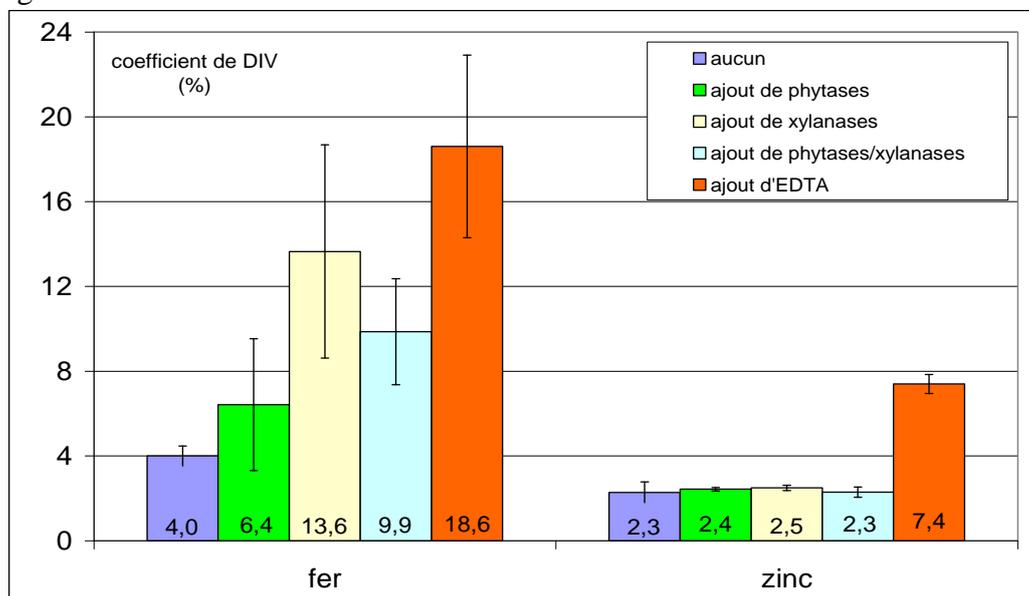


Figure III/1-1: Comparaison des coefficients de DIV du fer et du zinc obtenus après application des différents traitements.

Après l'ajout de phytases, une augmentation de 60% du coefficient de DIV du fer est observée. Ce résultat, met en évidence l'influence des phytates sur la biodisponibilité du fer et il appuie les travaux d'autres auteurs comme [Lestienne et al \(2005a\)](#) qui ont montré qu'une réduction de la teneur en phytates dans les farines de mil permet de doubler les coefficients de DIV du fer et du zinc.

L'ajout de xylanases a permis d'augmenter de 4% à 14% le coefficient de DIV du fer. Nos résultats rejoignent l'étude réalisée par [Lestienne et al \(2005b\)](#) qui avait observé une libération importante de fer dans les farines de mil en présence de xylanases.

En utilisant simultanément les deux enzymes, le coefficient de DIV du fer obtenu est moins élevé qu'en faisant agir seules les xylanases (10% vs 14%) mais il est plus élevé que celui obtenu après action des phytases seules (10% vs 6%). Les valeurs que nous avons obtenues sont très inférieures à celles mesurées par [Lestienne et al \(2005b\)](#) qui avaient obtenu dans les mêmes conditions opératoires sur des farines de mil des coefficients de DIV de 43%, 24% et 24% après, respectivement, traitements par des solutions de phytases/xylanases, phytases et xylanases.

L'ajout d'EDTA a permis de multiplier par 4,7 la digestibilité du fer et par 3,2 celle du zinc. De telles améliorations sont cohérentes avec les résultats observés *in vivo* par d'autres auteurs. En particulier au Sri Lanka, [Hettiararchchi et al \(2004\)](#) ont utilisé une farine de riz fortifiée pour préparer un plat local comme aliment vecteur au fer et au zinc. La fortification a été réalisée avec (i) du FeSO₄; (ii) du FeSO₄+Na₂EDTA, (iii) du FeSO₄+ZnO et (iv) du FeSO₄+Na₂EDTA + ZnO (lorsqu'il était ajouté le Na₂EDTA était utilisé avec un ratio molaire Fe : Na₂EDTA, 1:1). Les plats ont été servis à des enfants âgés de 6 à 10 ans. L'absorption du fer s'est révélée considérablement plus élevée ($p < 0,01$) pour les groupes d'enfants ayant pris un plat contenant du FeSO₄+Na₂EDTA (4,7% et 3,6%) que pour les groupes sans Na₂EDTA (2,2% et 1,3%). Une meilleure absorption du zinc a également été observée pour les groupes d'enfants ayant pris le plat contenant du FeSO₄+Na₂EDTA.

Conclusion

Les résultats obtenus relatifs à la composition en nutriments de la farine fortifiée confirment que les procédés mis en œuvre dans l'unité de production permettent bien d'obtenir des farines ayant des caractéristiques conformes à celles fixées par Nutrimad. Ainsi la farine utilisée dans le PAS-Nutrimad répond bien aux objectifs nutritionnels fixés et apporte tous les nutriments indispensables pour pallier les déficits nutritionnels identifiés chez les élèves des EPP.

Bien que la méthode de digestion *in vitro* mise en œuvre se soit révélée inadaptée pour déterminer la biodisponibilité du fer et du zinc ajoutés dans les farines sous forme de CMV, elle a néanmoins permis de mettre en évidence que la voie la plus efficace pour améliorer leur biodisponibilité est l'incorporation d'EDTA. Elle a également permis de confirmer l'effet négatif des phytates et des fibres sur les coefficients de DIV du fer et du zinc et l'intérêt qu'il y aurait à les dégrader.

Références bibliographiques

- AFNOR. Recueil de normes françaises: corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés, 5^e éd. Paris: AFNOR, 1993.
- Argo B. Understanding pH management and plant nutrition. *J Inter Phalaenopsis Alliance* 1994, Vol12(4);1-2.
- Bravo L, Englyst HN. Nutritional evaluation of carbohydrates in the Spanish diet: non starch polysaccharides and *in vitro* starch digestibility of breads and breakfast products. *Food Res Inter* 1998,31:129-135.
- Broutin C (GRET). La démarche qualité dans le secteur de la transformation des céréales en Afrique. Réflexion autour de la qualité sanitaire et de l'emballage des produits. Rencontre professionnelle sur les céréales et légumineuses en Afrique de l'Ouest. Cotonou, 27-30 septembre 2005.
- Brown KH. Commentary: zinc and child growth. *Int J Epidemiol* 2003,32:1103-1104.

- De Sesmaisons A. Elaboration d'une collation énergétique et fortifiée destinée aux enfants d'écoles primaires et évaluation de la première phase du Programme d'Alimentation Scolaire Nutrimad, à Antananarivo, Madagascar. Diplôme d'Agronomie Approfondie et Diplôme d'ingénieur agronome de l'INAPG: Paris, 2004.
- Ejigui J, Savoie L, Marin J, Desrosiers T. Influence of traditional processing methods on the nutritional composition and antinutritional factors of red peanuts (*Arachis hypogea*) and small red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Biol Sci* 2005a,5(5):597-605.
- Ejigui J, Savoie L, Marin J, Desrosiers T. Beneficial changes and drawbacks of a traditional fermentation process on chemical composition and antinutritional factors of yellow maize (*Zea mays*). *J Biol Sci* 2005b,5(5):590-596.
- FAO/OMS. Codex alimentarius: Proposition de révision des lignes directrices du codex concernant les préparations alimentaires d'appoint destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas âge. Rome: FAO/OMS, 2008.
- Hettiarachchi M, Hilmers DC, Liyanage C, Abrams SA. Na₂EDTA enhances the absorption of iron and zinc from fortified rice flour in Sri Lankan children. *J Nutr* 2004,134:3031–3036.
- Hurrell RF, Reddy MB, Juillerat MA, Cook JD. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects 1–3. *Am J Clin Nutr* 2003,77:1213–1219.
- Laporte J, Kovacsik G, Pinta M. Milieux végétaux, In: Pinta, M. (Eds., 2nd édition), Spectrométrie d'absorption atomique, Tome 2: Applications à l'analyse chimique. Paris: Masson, 1980:378-421.
- Lestienne I, Caporiccio B, Besançon P, Rochette I, Trèche S. Relative contribution of phytates, fibers, and tannins to low iron and zinc *in vitro* solubility in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and grain fractions. *J Agric Food Chem* 2005a,53(21):8342-8348.
- Lestienne I, Besançon P, Capporiccio B, Lullien-Péllier V, Trèche S. Iron and zinc *in vitro* digestibility in pearl millet flours (*Pennisetum glaucum*) with varying phytate, tannin and fiber contents. *J Agric Food Chem* 2005b,53(8):3240-3247.
- Lestienne I. Contribution à l'étude de la biodisponibilité du fer et du zinc dans le grain de mil et conditions d'améliorations dans les aliments de complément. Mémoire de Doctorat en Sciences des aliments. Université de Montpellier II: Montpellier, 2004.
- Lönnerdal B, Yuen M, Glazier C, Litov R. Magnesium bioavailability from human milk, cow milk, and infant formula in suckling rat pups. *Am J Clin Nutr* 1993,58:392-397.
- Lynch SR. Interaction of iron with other nutrients. *Nutr Rev* 1977,55:102-110.
- Macphail AP, Patel RC, Bothwell TH, Lamparelli RD. EDTA and the absorption of iron from food. *Am J Clin Nutr* 1994,59:644-648.
- Megazyme. Amidon total: procédure d'essai (Méthode de l'amyloglucosidase et de l'∞-amylase). *Megazyme International Ireland Limited* 2005, 14p.
- Multon JL. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires: Le contrôle de qualité, principes généraux et aspects législatifs, 2^{ème} éd. Paris: Tec et Doc Lavoisier, 1991;1: 396p.
- Pasquet R, Fotso M, Noubi L, Trèche S. Comparaison de la valeur nutritionnelle de quelques légumineuses locales à celle des légumineuses introduites ou en voie d'introduction au Cameroun. *Sci Santé* 1987, Tome IV;N°1(2):67-75.
- Ratsito VN. Etude et caractérisation de la consommation alimentaire des enfants d'âge scolaire à Antananarivo: Appui à la mise en place de cantines scolaires. Mémoire de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) de Biochimie, *Option: Sciences de l'Alimentation et de la Nutrition: Faculté des Sciences, Antananarivo, 2004.*
- Reddy NR. Occurrence, distribution, content and dietary intake of phytate. In: Reddy NR, Sathe SK (Eds). Food phytates. Boca Raton: CRC Press, 2002:25-51.
- Singh M. Role of micronutrients for physical growth and mental development. *Indian J Pediatr* 2004,71(1):59-62.
- Somsook E, Hinsin D, Buakhrong P, Teanchai R, Mophan N, Pohmakotr M, Shiowatana J. Interactions between iron(III) and sucrose, dextran, or starch in complexes. *Carbohydr Polym* 2005,61:281–287.
- Swain JH, Newman SM, Hunt JR. Bioavailability of Elemental Iron Powders to Rats Is Less than Bakery-Grade Ferrous Sulfate and Predicted by Iron Solubility and Particle Surface Area. *J Nutr* 2003,133:3546–3552.
- Talamond P, Doubeau S, Rochette I, Guyot JP, Trèche S. Anion-exchange high-performance liquid chromatography with conductivity detection for the analysis of phytic acid in food. *J Chromatogr* 2000,A871:7-12.

- Trèche S, Mouquet-Rivier C. Use of amylases in infant food. In: Porta R, Di Pierro P, Mariniello L (Eds). Recent Research Developments in Food Biotechnology. Enzymes as additives or processing aids. Kerala: Research Signpost, 2008: 213-245.
- Uysal H, Bilgiçli N, Elgün A, İbanoğlu S, Herken NE, M Demir MK. Effect of dietary fibre and xylanase enzyme addition on the selected properties of wire-cut cookies. *J Food Eng* 2007, Vol 78(3):1074-1078.
- Van Soest PS; Wine RH. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds IV Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Anal Chem* 1967,50:50-55.
- Verma RS, Motzok I, Chen SS, Rasper J, Ross HU. Effect of storage in flour and of particle size on the bioavailability of elemental iron powders for rats and humans. *J Assoc Off Anal Chem* 1977,60:759-765.
- Wegmüller R, Zimmermann MB, Moretti D, Arnold M, Langhans W, Hurrell RF. Particle Size Reduction and Encapsulation Affect the Bioavailability of Ferric Pyrophosphate in Rats. *J Nutr* 2004,331: 3301-3304.
- WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: World Health Organization, 1998.

Chapitre 2:

Adéquation de la collation fortifiée aux modalités de distribution choisies dans le cadre du PAS-Nutrimad

Introduction

Pour permettre la mise en place d'un mécanisme pérenne de distribution, la conception et l'élaboration d'un aliment doivent prendre en compte un ensemble de paramètres dont l'un des plus importants est l'acceptabilité de l'aliment. Celle-ci dépend de ses qualités organoleptiques (saveur, arôme, couleur, texture...), de sa facilité d'utilisation et de son prix (Besançon, 1994).

Dans le cadre de son PAS, le programme Nutrimad a formulé un produit accessible à tous les enfants dont le prix est fixé à 50 Ar par ration. Un protocole de préparation de la collation au niveau des écoles a été mis au point et, au sein de chaque école, des préparateurs ont été formés afin qu'ils assurent la préparation et la distribution des bouillies. Avant chaque récréation, ces préparateurs ont à s'occuper de 2 ou 3 marmites contenant chacune 12 kg de bouillies. Dans chaque marmite, les bouillies sont préparées à partir de 4,5 kg de farine fortifiée, 12 l d'eau et 88 g d'huile. Ces quantités d'ingrédients ont été déterminées pour permettre l'obtention de bouillies de teneur en MS égale à 28 g pour 100 g de bouillie et de consistance correspondant à un écoulement Bostwick de 100 à 120 mm/30s.

Par ailleurs, l'aliment distribué ne peut atteindre les objectifs fixés dans le PAS-Nutrimad en terme d'énergie et de nutriments ingérés que si les quantités de bouillies consommées sont conformes aux prévisions (350 g) qui découlent d'une étude préliminaire menée par De Sesmaisons (2005).

Afin de valider les différents choix effectués avant le démarrage effectif du PAS-Nutrimad, cette partie du travail s'est fixée comme objectifs de vérifier que les modes de préparation au niveau des écoles sont respectés, de confirmer que la consistance des bouillies présentées correspond aux attentes des enfants et de valider le choix de la quantité de bouillie distribuée aux enfants.

Méthodologie

1. Vérification de la constance du mode de préparation et des caractéristiques des collations préparées dans les écoles

L'objectif est ici d'identifier d'éventuelles variations au niveau du mode de préparation et de la qualité nutritionnelle des bouillies préparées au niveau des écoles. L'étude a consisté à observer la préparation et à mesurer la consistance et la teneur en matière sèche de bouillies préparées dans les écoles.

1.1. Modalités d'observation des préparations

L'étude a été réalisée dans 5 écoles tirées au sort. Dans chaque école, 3 préparateurs ont également été tirés au sort avant d'être suivis pendant 5 semaines consécutives à raison de

deux observations faites à l'improviste chaque semaine, l'une le matin, l'autre l'après midi un autre jour de la semaine.

Pour chacune des 75 préparations effectuées le matin, au cours desquelles l'évolution en fonction du temps de la température de la bouillie a été notée à partir de 70°C, les données suivantes ont été enregistrées à l'aide d'une fiche (*annexe 9*):

- les quantités d'ingrédients utilisées (farine, eau, huile);
- la durée de cuisson allant de la pose de la marmite sur le feu jusqu'à son retrait du feu;
- la température de la bouillie au retrait du feu;
- la durée de cuisson de la bouillie au delà de la température de 75°C;
- le temps écoulé entre le retrait du feu et l'atteinte d'une température de 45°C.

Deux prélèvements ont été effectués, non seulement sur les 75 bouillies préparées la matin mais aussi sur les 75 préparées l'après midi, quand les bouillies atteignaient la température de 45°C : l'une pour détermination de la teneur en MS, l'autre pour mesure de la consistance.

1.2. Estimation de la densité énergétique des bouillies

La densité énergétique, exprimée en kcal pour 100 g de bouillie est calculée à partir de la valeur énergétique du mélange farine fortifiée/huile et de la teneur en MS de la bouillie. La teneur en MS est déterminée selon la méthode AFNOR (AFNOR, 1993). La valeur énergétique est obtenue en appliquant aux divers constituants énergétiques (protéines, lipides et les glucides) leurs coefficients d'Atwater respectifs (Greenfield & Southgate, 1995).

1.3. Mesure de la consistance des bouillies

Elle a été réalisée en utilisant une boîte à écoulement de type Bostwick (Mouquet *et al*, 1998). Cent grammes de bouillies sont versés dans un compartiment fermé de l'appareil, délimité par une « guillotine » qui permet de libérer la bouillie. La vitesse d'écoulement de la bouillie est la distance parcourue par le front de la bouillie en 30 s.

1.4. Traitement des données

Les informations recueillies ont été traitées sur *Statgraphics Plus version 5.0*. L'analyse de variance a été utilisée pour comparer les valeurs moyennes correspondant à des modalités différentes de plusieurs facteurs susceptibles d'influencer différentes caractéristiques des bouillies (quantités d'ingrédients utilisées, teneur en matière sèche, vitesse d'écoulement...).

2. Confirmation de l'adéquation de la consistance conférée aux bouillies aux préférences des enfants

L'objectif était de déterminer à quelle consistance les élèves préfèrent consommer la bouillie. Le principe est de demander aux enfants leur appréciation sur des bouillies qui leurs sont présentées à différentes consistances. Le travail a été mené dans 3 écoles tirées au sort auprès des élèves issus de 2 classes par niveau scolaire (*soit un total de 5477 élèves appartenant à 30 classes différentes*) pendant cinq jours au cours desquels des bouillies de consistance différente leur étaient proposées.

L'étude s'est effectuée en trois étapes:

- la détermination des taux d'incorporation de l'amylase permettant d'obtenir des bouillies de vitesse d'écoulement égale à environ 40, 70, 100, 130 et 160 mm/30 s (travail réalisé au niveau du laboratoire de Nutrimad) ;
- la préparation, au niveau des écoles, des farines et des bouillies en utilisant les taux d'incorporation d'amylase déterminés lors de la première étape ;

- la présentation aux enfants des bouillies de différentes consistances et le recueil de leur appréciation.

Une bouillie de consistance différente a été présentée chaque jour aux élèves dans un ordre de présentation différent pour chaque école. Un enquêteur muni de la liste des élèves (*annexe 10*) était responsable d'une même classe pendant les cinq jours d'enquête. Les élèves avaient à donner une appréciation de 1 à 5 sur l'échelle suivante :

- | | |
|----------------------------------|----------------|
| 1=beaucoup trop liquide | 2=trop liquide |
| 3=ni trop liquide ni trop solide | 4=trop solide |
| 5=beaucoup trop solide | |

Les données ont été analysées sur *Statgraphics Plus version 5.0*. Pour chaque consistance, le pourcentage d'enfants ayant attribué les différentes appréciations et la moyenne de ces appréciations ont été déterminés. Les moyennes ont été comparées par analyse de variance multivariée pour tenir compte des effets d'éventuels facteurs de confusion.

3. Validation du choix de la quantité de bouillie distribuée

Ce travail avait pour objectif de valider la quantité de bouillie qu'un enfant peut consommer à chaque récréation. Il a consisté à évaluer le reste de bouillie dans l'assiette des enfants par le nombre de cuillérées restant dans l'assiette de chaque enfant. L'étude a été menée auprès de 2573 élèves de cinq écoles tirées au sort parmi les 15 écoles du PAS.

Pendant une semaine de distribution de bouillie, la consommation de chaque enfant a été enregistrée sur une fiche (*annexe 11*). Quand l'enfant avait fini de manger, il présentait son assiette à son enseignant, qui évaluait les restes dans l'assiette selon l'échelle suivante:

- moins d'une cuillérée à soupe de bouillie correspondant au terme «*pas du tout*»;
- 1 à 4 cuillérées à soupe de bouillie correspondant à «*peu*»;
- plus de 4 cuillérées à soupe de bouillie signifiant «*beaucoup*».

Pour les enfants qui avaient partagé leur ration avec un camarade, le mot «*partage*» était inscrit sur la fiche.

Résultats et discussion

1. Variabilité des modes de préparation, teneur en matière sèche et consistance des bouillies préparées dans les écoles

1.1. Modalités de préparation

Les résultats des observations et mesures concernant les quantités d'ingrédients utilisées pour la préparation des bouillies et les durées de préparation sont donnés dans le tableau III/2-1.

Tableau III/2-1: Quantités d'ingrédients utilisées et durées de préparation des bouillies en fonction de l'école et de la semaine d'observation (*observations réalisées au cours de 75 préparations dans 5 écoles pendant 5 semaines*)

		Quantité d'ingrédient utilisé (g)			Durée de préparation (min)		
		Farine (g)	Eau (l)	Huile (g)	Cuisson ¹	>75°C ²	Refroidissement ³
<i>Rappel des recommandations</i>		4500	12	88	45	15	-
< 10% ou >10% de la valeur recommandée		12%	0%	51%	-	75%	-
Moyenne ±ET (Valeurs extrêmes)		4436±274 (3774-5077)	12,4±0,5 (12 - 13)	79,5±8,1 (60 - 96)	53,0±9,4 (30 - 75)	20,9±5,9 (14 - 45)	20,1±2,2 (10 - 25)
Nds ⁴	Inter-écoles Inter-semaines	p<0,0001 P<0,0001	p<0,001 p<0,001	p<0,01 p<0,01	p<0,05 ns	Ns ns	p<0,0001 Ns

¹ Durée de cuisson entre le moment de sa mise sur le feu et celui du retrait du feu

² Durée de cuisson à une température > 75°C

³ Durée de refroidissement entre le retrait du feu et l'atteinte de la température de 45°C

⁴Nds: Niveau de signification, Anova à deux facteurs

ns: non significatif

Les quantités d'ingrédients utilisés diffèrent de plus de 10% des valeurs recommandées dans 12% des cas pour la farine et 51% des cas pour l'huile. Lorsqu'elles s'écartent de plus de 10% de la valeur recommandée, les quantités d'huile utilisées sont systématiquement inférieures à cette valeur ce qui traduit une sous utilisation, volontaire ou non, de l'huile. Dans la mesure où il existe un effet école significatif, on peut penser que la formation n'a pas eu la même efficacité dans toutes les écoles. L'effet de la semaine d'observation pourrait s'interpréter comme une modification des comportements des préparateurs en rapport avec le déroulement de l'étude.

Concernant les durées de préparation, la durée moyenne de cuisson est de 53 min avec des valeurs extrêmes de 30 et 75 minutes. La recommandation de laisser cuire la bouillie au moins 15 min après apparition des premières bulles est relativement bien suivie puisque 75% des préparations se font avec des durées de séjour sur le feu de plus de 16 minutes après l'atteinte de 75°C. Il n'y a pas de différence significative entre écoles au niveau de la durée de séjour sur le feu après atteinte de la température de 75°C.

Par ailleurs, les mesures effectuées indiquent que les températures maximales atteintes par les bouillies pendant la cuisson varient entre 93 et 96°C avec 78% des bouillies qui atteignent une température de 95°C. Au moment du retrait du feu, les températures s'échelonnent entre 90 et 96°C avec seulement 40% des bouillies qui sont retirées à une température inférieure à 95°C.

1.2. Teneur en matière sèche et consistance

Les résultats des mesures concernant la teneur en MS et la consistance des bouillies sont donnés dans le tableau III/2-2.

Tableau III/2-2: Teneur en MS et vitesse d'écoulement des bouillies en fonction de l'école, de la semaine d'observation et de la période d'observation (*mesures réalisées au cours de 150 préparations dans 5 écoles pendant 5 semaines soit le matin soit l'après-midi*)

		MS (g/100 g de bouillie)	Vitesse d'écoulement (mm/30s)
Moyenne ± Ecart-type		28,1±1,7	34±38
Médiane		28,2	20
(Valeurs extrêmes)		(23,9 – 31,9)	(0 – 150)
Nds ¹	Inter-écoles	p<0,0001	p<0,0001
	Inter-semaines	p<0,0001	p<0,05
	Inter-périodes	p<0,05	p<0,01

¹Nds: Niveau de signification, Anova à deux facteurs

ns: non significatif

La teneur moyenne en MS des bouillies correspond parfaitement à l'objectif fixé (28 g/100g de bouillie). Elle varie relativement peu, entre 23,9 et 31,9 avec une distribution légèrement asymétrique (*Figure III/2-1*). Près des deux tiers des bouillies (62%^o) ont une teneur en MS sèche comprise entre 26,5 et 29,5 g/100g de bouillie) et seulement 4 bouillies sur 150 (2,7%) ont une teneur en MS inférieure à 25 g/100g MS.

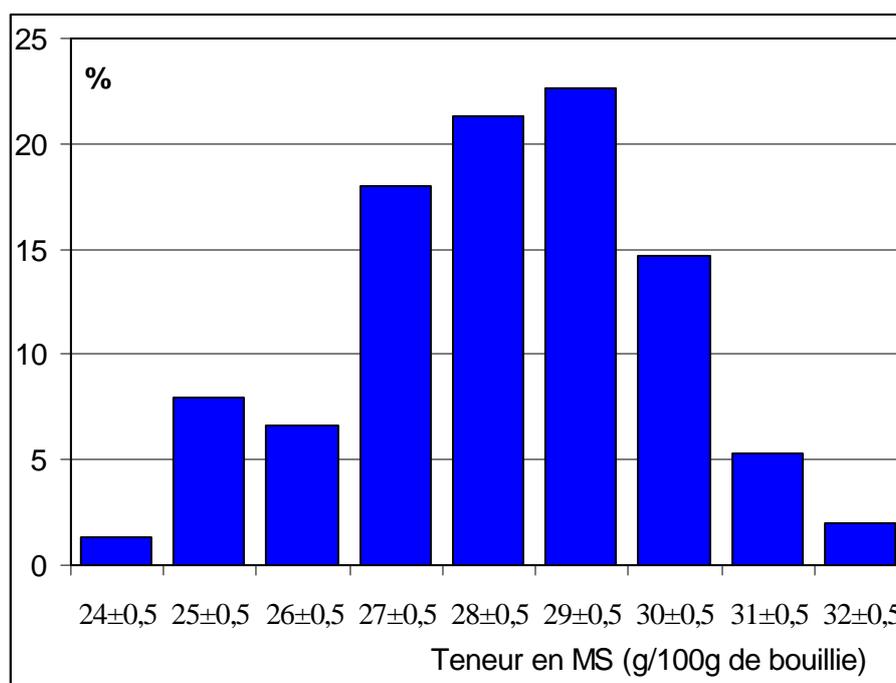


Figure III/2-1: Répartition des teneurs en MS des 150 bouillies préparées au niveau des écoles.

L'analyse de variance à plusieurs facteurs permet de mettre en évidence des différences hautement significatives entre moyennes obtenues par écoles (*de 26,9 à 29,1 g/100g MS*), entre semaines d'observations (*de 27,3 à 28,8 g/100g MS*) et entre moment de préparation (*respectivement 28,4 et 27,8 g/100g MS pour les bouillies préparées le matin et l'après midi*).

Par ailleurs, si l'on considère les 75 bouillies du matin ayant fait l'objet d'observations plus complètes, on peut mettre en évidence que la teneur en MS est corrélée à la quantité d'huile ($r=+0,28$) et surtout à la quantité de farine ($R=+0,44$) utilisée pour la préparation. L'existence de ces corrélations entre la teneur en MS des bouillies et les quantités d'huile et de farine utilisées a pour conséquence qu'il n'existe plus de différences significatives entre teneurs en

MS ajustées entre écoles et entre semaines lorsqu'on réalise une analyse de variance multivariée prenant comme co-variables les quantités de farine et d'huile utilisées. Cela signifie donc que les différences de teneurs en MS des bouillies observées entre écoles et entre semaines sont essentiellement dues aux différences de quantités de farine et d'huile utilisées et non pas à d'autres facteurs de variation.

Les vitesses d'écoulement varient de 0 à 150 mm/30s avec une moyenne de 34 et une valeur médiane de 30. Leur distribution est très asymétrique avec 41% des bouillies ayant un écoulement nul et seulement 6% de bouillies ayant un écoulement supérieur à 100 (Figure III/2-2). Ces valeurs sont dans l'ensemble très inférieures aux valeurs souhaitées (80 à 120 mm/30s) au moment de la mise au point de la farine.

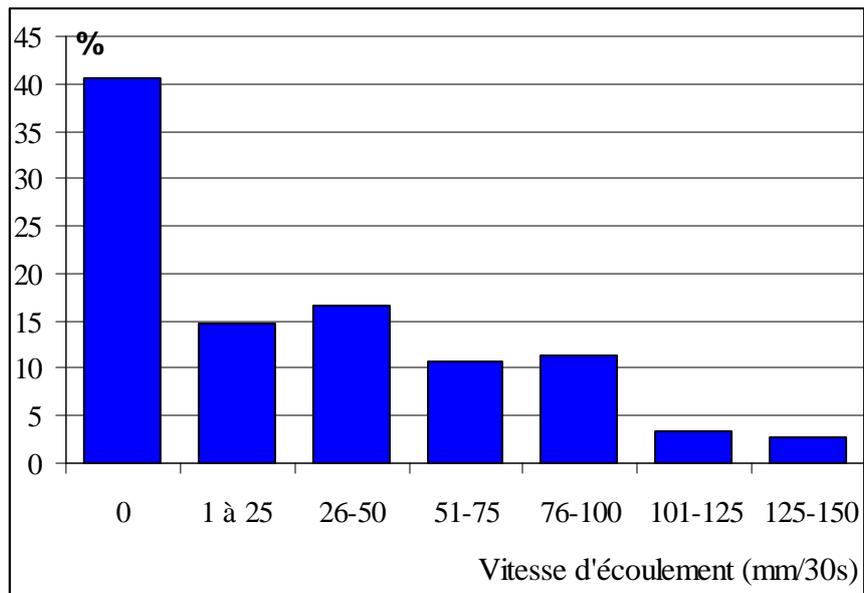


Figure III/2-2: Répartition des vitesses d'écoulement des bouillies préparées au niveau des écoles.

L'analyse de variance à plusieurs facteurs permet de mettre en évidence des différences hautement significatives entre moyennes obtenues par écoles (*de 8 à 48 mm/30s*), entre semaines d'observations (*de 18 à 46 mm/30s*) et entre moment de préparation (*respectivement 25 et 41 mm/30s pour les bouillies préparées le matin et l'après midi*).

La vitesse d'écoulement est liée à la teneur en MS des bouillies : les bouillies d'écoulement nul, celles de vitesse d'écoulement comprise entre 1 et 100 mm/30s et celles de vitesse d'écoulement supérieure à 100 mm/30s ont respectivement des teneurs en MS moyennes de $28,83 \pm 1,48$, de $27,94 \pm 1,60$ et de $25,49 \pm 0,93$ g/100gMS. Mais ces différences de teneurs en MS ne suffisent pas à expliquer la grande variabilité observée au niveau de la vitesse d'écoulement des bouillies.

Pour essayer d'identifier au niveau des modes de préparation d'autres facteurs pouvant expliquer les différences observées au niveau des vitesses d'écoulement, des analyses complémentaires ont été réalisées en comparant, pour les 75 bouillies dont les modes de préparations avaient été observées, les caractéristiques mesurées pour les 39 bouillies d'écoulement nul, les 28 de vitesse d'écoulement comprise entre 10 et 75 mm/30s et les 8 de vitesse d'écoulement au moins égale à 80 mm/30s. Aucune différence significative n'a pu être trouvée ni au niveau des quantités de farine et d'eau utilisées, ni au niveau des durées de préparation, ni au niveau des températures atteintes, ni au niveau de la durée de refroidissement. La seule différence significative observée ($p < 0,01$) se situe au niveau des

quantités d'huile utilisées qui sont de 80,6 et 80,2 g, respectivement, pour les bouillies à écoulement nul et celles à écoulement compris entre 10 et 75 mm/30s et de 71,1 g pour celles d'écoulement supérieur ou égal à 80 mm/30s. Il se pourrait donc que l'huile ait pour effet de réduire la vitesse d'écoulement des bouillies et qu'une incorporation plus faible ait pour effet de permettre la préparation de bouillies de consistance plus fluide. Cette observation va, néanmoins, à l'encontre des résultats de [Kikafunda *et al* \(1997\)](#) qui ont montré que l'incorporation d'huile dans des bouillies permet d'en diminuer la viscosité par formation d'un complexe lipides-amidon limitant l'absorption d'eau au cours de la cuisson

Néanmoins, dans la mesure où l'effet des quantités d'huile incorporées avait été étudié au moment de la mise au point en conditions standardisées des bouillies sans qu'un effet notable soit mis en évidence, il est probable que l'effet du taux d'incorporation de l'huile ne soit pas suffisant pour expliquer les faibles vitesses d'écoulement de la plupart des bouillies. La principale raison réside sans doute dans les modalités de mesure de la vitesse d'écoulement qui n'ont probablement pas été réalisées en conditions suffisamment standardisées au niveau de la température et de la durée de refroidissement.

2. Préférence des enfants au niveau de la consistance des bouillies

Des mesures de vitesse d'écoulement réalisées en laboratoire, en conditions standardisées mais comparables aux conditions de préparation dans les écoles, sur des bouillies préparées en incorporant des quantités variables d'amylases ont permis de tracer la courbe d'évolution de la vitesse d'écoulement en fonction de la quantité d'amylases incorporée (*Figure III/2-3*). A partir de cette courbe, il a été calculé les quantités d'amylases à incorporer pour obtenir, en principe, des bouillies ayant des consistances correspondant à des écoulements de 40, 70, 100, 130 et 160 mm/30s.

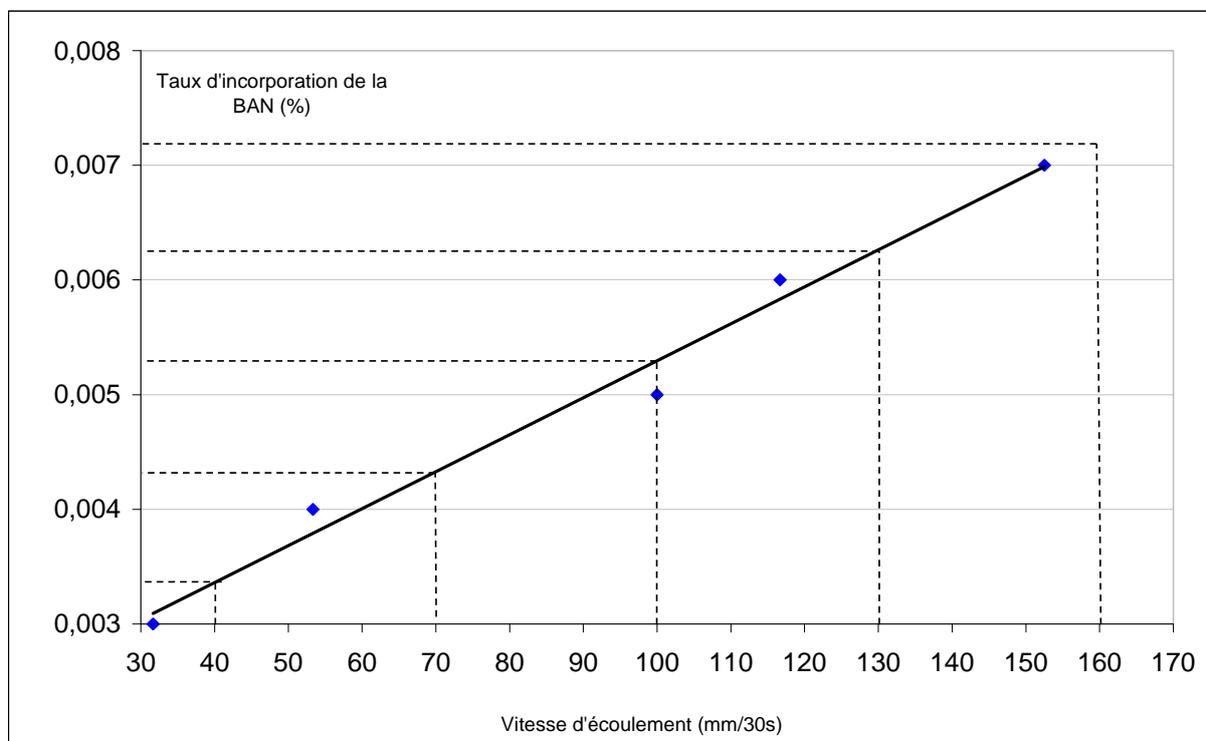


Figure III/2-3: Variation de la vitesse d'écoulement des bouillies en fonction du taux d'incorporation de la BAN 800MG.

Compte tenu de l'influence de différents facteurs pouvant agir sur la consistance des bouillies, les vitesses d'écoulement réellement obtenues dans les écoles au moment de l'étude avec les taux d'incorporation d'amylases préalablement définis sont sensiblement plus faibles (Tableau III/2-3).

Tableau III/2-3: Vitesse d'écoulement réelle des bouillies préparées dans les écoles en fonction des vitesses d'écoulement souhaitées

	Vitesse d'écoulement souhaité (mm/30s)					ensemble
	40	70	100	130	160	
<i>Effectif</i>	1094	1095	1106	1099	1083	5477
Moyenne±écart-type	42,1±11,4	67,1±16,7	96,9±20,6	110,8±24,0	152,0±31,5	93,7±43,4
Valeur médiane	43	68	98	120	158	88
Valeurs extrêmes	18-73	13-93	45-138	63-143	28-185	13-185
Répartition par intervalle :						
13 - 45	68,9	5,8	1,8	0,0	3,0	15,9
46 - 75	31,1	64,2	10,7	18,0	3,2	25,5
76 - 105	0,0	30,0	52,6	17,7	0	20,2
106 - 135	0,0	0,0	31,8	58,1	14,1	20,9
136 - 185	0,0	0,0	3,1	6,1	79,6	17,6

Les appréciations données par les enfants à la consistance des bouillies qui leur ont été présentées sont synthétisées sur la figure III/2-4.

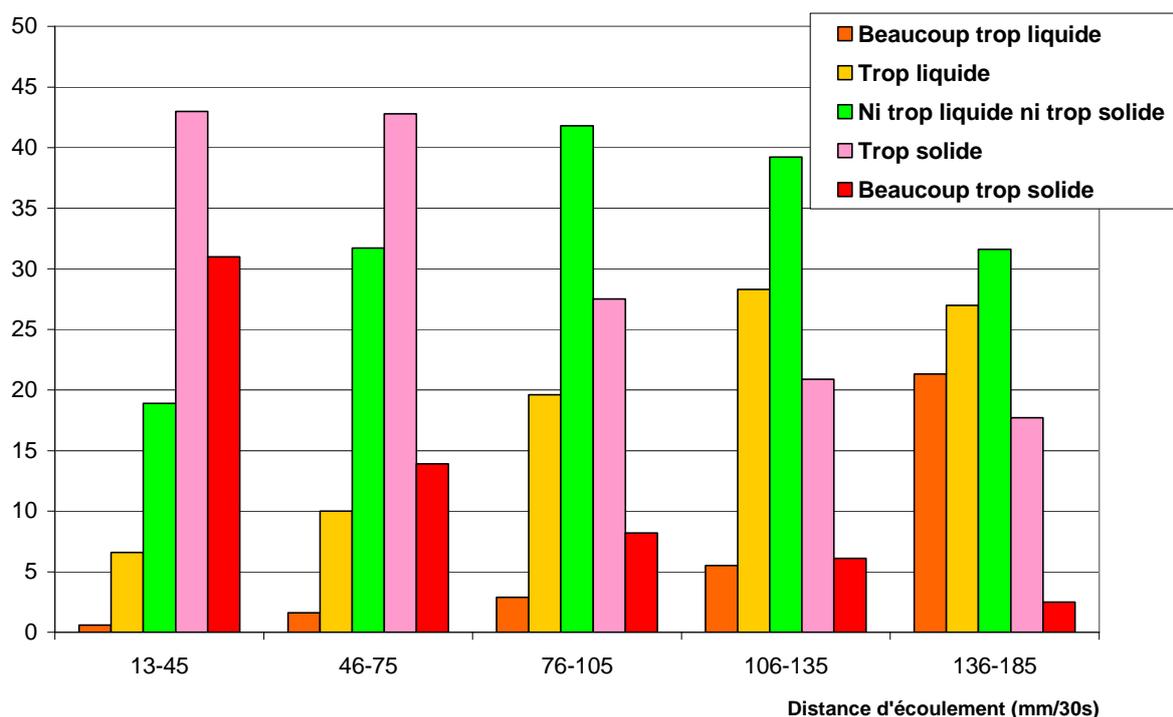


Figure III/2-4: Appréciations données par les enfants à la consistance des bouillies en fonction de leur vitesse réelle d'écoulement.

Ces appréciations diffèrent significativement ($p < 0,0001$; test de χ^2) en fonction de la consistance des bouillies présentées. Les trois quarts des enfants ont trouvé trop, ou beaucoup trop, solides la consistance des bouillies ayant un écoulement inférieur à 45 mm/30 s. Près de la moitié des enfants jugent trop liquides, ou beaucoup trop liquides, les bouillies ayant un

écoulement supérieur à 136 mm/30s. Ce sont les bouilles d'écoulement compris entre 75 et 135 mm/30 s qui satisfont le plus d'enfants avec 40% d'entre eux qui ne les trouvent ni trop solides ni trop liquides.

Les appréciations données par les élèves aux bouillies ont également été analysées en les considérant comme une note de 1 à 5 caractérisant la plus ou moins grande viscosité des bouillies (de 1 la plus fluide à 5 la moins fluide) et en tenant compte de l'effet d'autres facteurs de variation potentiels pouvant agir comme facteurs de confusion. Sur le tableau III/2-4 qui donne les résultats de l'analyse de variance à plusieurs facteurs réalisée sur l'ensemble des données, on voit que non seulement la vitesse d'écoulement réelle des bouillies présentées mais aussi l'école et le moment de distribution influent significativement sur la note attribuée. En revanche, ni le sexe ni l'âge de l'élève n'influent sur cette note. Les moyennes des appréciations entre écoles varient entre 3,06 et 3,34 et on constate que les enfants ont tendance à considérer plus solides les bouillies l'après midi que le matin (3,29 vs 3,18).

Pour des vitesses d'écoulement situées dans les intervalles 76-105 et 106-135 mm/30 s, les bouillies obtiennent une note moyenne très proche de 3 correspondant à l'appréciation « ni trop liquide, ni trop solide » mais pour des écoulements plus faibles ou plus élevés, les notes moyennes se rapprochent de 4 (trop solide) ou de 2 (trop liquide).

Tableau III/2-4: Appréciations moyennes données aux bouillies par les élèves en fonction de leur consistance réelle

Écoulement réel des bouillies (mm/30s)	Nombre de bouillies testées	Note moyenne attribuée (\pm erreur-type)	Niveau de signification des différents facteurs	
13-45	868	3,919 \pm 0,036	Ecole	p<0,0001
46-75	1391	3,547 \pm 0,030	Période (<i>Matin/après midi</i>)	p<0,0001
76-105	1103	3,194 \pm 0,033	Sexe de l'élève	ns
106-135	1141	2,986 \pm 0,032	Age de l'élève	ns
135-185	960	2,554 \pm 0,035	Vitesse réelle d'écoulement	p<0,0001

3. Quantité de bouillie ingérée par les enfants

3.1. Fréquence de consommation de la collation pendant la semaine d'observation

La répartition des enfants en fonction du nombre de collations prises pendant les 5 jours d'observation est donnée sur la figure III/2-5.

Plus de 85% des enfants ont consommé de la bouillie tous les jours et près de 9% l'ont fait 4 jours sur 5. Seulement 6% des enfants n'ont pas consommé de bouillie au moins 4 jours sur 5.

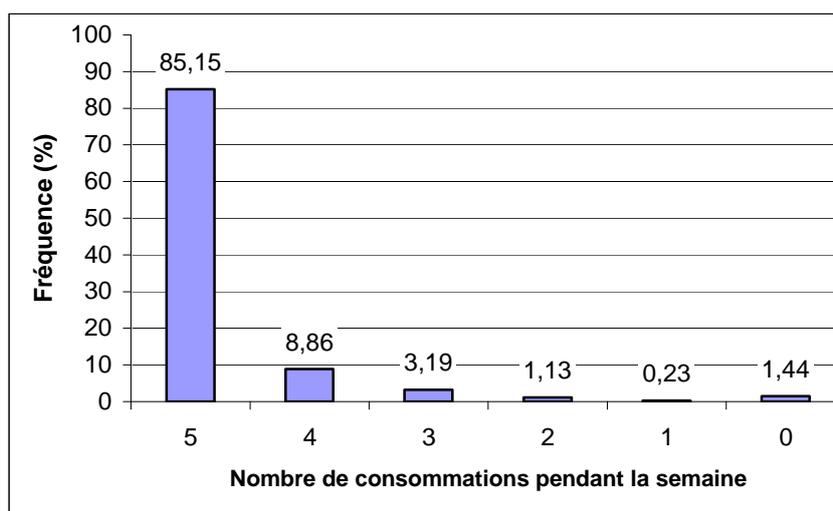


Figure III/2-5: Répartition (en %) des 2573 enfants observés en fonction du nombre de bouillies consommées pendant les 5 jours d'observation.

3.2. Niveau d'ingérés pendant la semaine d'observation

Les niveaux moyens d'ingérés des enfants ayant consommé de la bouillie pendant la semaine d'observation sont donnés dans le tableau III/2-5.

Tableau III/2-5: Niveau d'ingérés des enfants pendant les 5 jours d'observation

Pourcentages moyens d'enfants ayant...	
- entièrement terminé leur bouillie	94,07
- laissé 1 à 4 cuillérées à soupe de bouillies	2,27
- laissé plus de 4 cuillérées à soupe de bouillies	0,75
- partagé leur bouillie avec un camarade	2,91

Dans plus de 94% des cas, les enfants terminent leurs bouillies. Ils sont respectivement un peu plus de 2% et moins de 1% à laisser moins de 1 à 4 cuillérées à soupe et plus de 4 cuillérées à soupe dans leur assiette. Près de 3% des enfants ont partagé leur ration de bouillie avec un camarade.

Les 6% de rations qui ne sont pas consommées entièrement correspondent dans 46% des cas à des restes peu abondants (<4 cuillérées à soupe), dans 12% des cas à des restes importants (>4 cuillérées à soupe) et dans 42% des cas à des rations que les enfants partagent avec leurs camarades.

Si on recherche les facteurs statistiquement liés au fait que les enfants aient entièrement consommé (85,1%) ou (14,9%) non la totalité des 5 rations qui leur ont été servies pendant la semaine, on constate que:

- 87,4% des garçons ont fini toutes les assiettes qui leur ont été servies contre seulement 82,7% des filles ($p < 0,01$);
- plus les enfants sont âgés et plus ils sont nombreux à terminer toutes les bouillies qui leur ont été servies (Figure III/2-6) ($p < 0,01$). Mais même parmi les enfants les plus jeunes, plus de 80% des enfants terminent l'intégralité de leurs bouillies;
- les enfants de CP1 sont 10% de moins que ceux de CM2 à avoir terminé toutes les bouillies qui leur ont été servies (Figure III/2-7) ($p < 0,0001$).

En revanche, il n'y a pas de liaison significative entre le fait d'avoir fréquenté l'école le matin ou l'après midi pendant la semaine d'observation et le fait d'avoir entièrement terminé toutes les bouillies proposées.

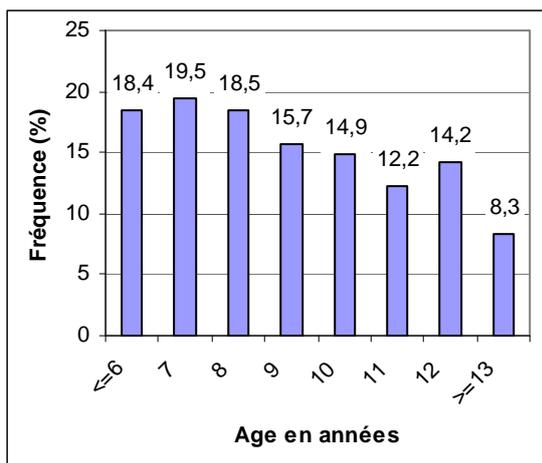


Figure III/2-6: Effet de l'âge des enfants sur le pourcentage d'entre eux n'ayant pas terminé toutes les bouillies qui leur ont été servies

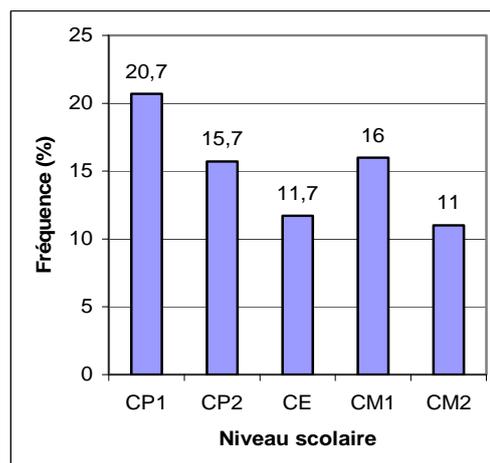


Figure III/2-7: Effet du niveau scolaire sur le pourcentage d'enfants n'ayant pas terminé toutes les bouillies qui leur ont été servies

Conclusion

Les résultats des trois études menées confirment que les caractéristiques de la collation proposée dans le cadre du PAS-Nutrimad et les modalités prévues pour sa préparation sont conformes aux exigences et contraintes d'un programme d'alimentation scolaire en milieu urbain.

En effet, les modalités préparation de la bouillie semblent correctement maîtrisées au niveau des écoles d'intervention du PAS-Nutrimad. Les quantités d'ingrédients utilisés pour la préparation sont généralement respectées et les bouillies proposées aux enfants, avec une teneur en MS de 28g/100 g de bouillie, répondent aux objectifs fixés par Nutrimad en terme de densité énergétique. Telle qu'elle a été mesurée dans les écoles, la consistance des bouillies est apparue moins fluide que prévue, mais il est probable que ce constat soit en grande partie dû à un défaut de standardisation dans la mesure de cette consistance.

Quoi qu'il en soit, la consistance souhaitée (vitesse d'écoulement Bostwick variant entre 100 et 120 mm/30s), qui est celle obtenue quand les bouillies sont préparées selon les recommandations, est celle qui correspond le mieux aux préférences des élèves. En effet, ceux-ci sont environ 40% à considérer que les bouillies ayant une distance d'écoulement entre 76 et 135 mm/30s sont ni trop liquides ni trop solides, pendant qu'environ 45% se partagent entre ceux qui les trouvent trop liquides ou trop solides.

Enfin, le choix des quantités servies à chaque collation (350 g) s'est avéré pertinent dans la mesure où la grande majorité (94%) des enfants consomment entièrement les rations servies et que moins de 1% des enfants laissent des restes importants dans leur assiette.

Références bibliographiques

AFNOR. Recueil de normes françaises: corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés, 5^e éd. Paris: AFNOR, 1993.

De Sesmaisons A. Elaboration d'une collation énergétique et fortifiée destinée aux enfants d'écoles primaires et évaluation de la première phase du Programme d'Alimentation Scolaire Nutrimad, à Antananarivo, Madagascar. Diplôme d'Agronomie Approfondie et Diplôme d'ingénieur agronome de l'INAPG: Paris, 2004.

Greenfield H, Southgate. Food composition data. New York: Chapman and Hall, 1992; 263p.

- Kikafunda JK., Walker AF, Abeyasekera S. Optimising viscosity and energy density of corn porridges for child weaning in developing countries. *Int J Food Sci Nutr* 1997,48:401–409.
- Mouquet C, Bruyeron O, Trèche S. Caractéristiques d'une bonne farine infantile. *Bull TPA* 1998,15:8-11.
- Mouquet C, Trèche S. Viscosity of gruels for infants: a comparison of measurements procedures. *Int J Food Sci Nutr* 2001,52:389-400.
- Ratsito VN. Etude et caractérisation de la consommation alimentaire des enfants d'âge scolaire à Antananarivo: Appui à la mise en place de cantines scolaires. Mémoire de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) de Biochimie, *Option: Sciences de l'Alimentation et de la Nutrition*. Faculté des Sciences, Antananarivo; 2004.

PARTIE IV

Effets de la consommation de la collation fortifiée sur l'alimentation des enfants

Introduction

Le PAS-Nutrimad distribue une collation sous la forme d'une bouillie hautement énergétique et fortifiée en micronutriments en vue d'améliorer l'alimentation des élèves des EPP. Dans la partie III de notre travail, nous avons pu vérifier les qualités nutritionnelles et l'adéquation de certaines caractéristiques organoleptiques de cette bouillie en vue d'une utilisation dans le cadre d'une stratégie d'amélioration de l'alimentation des enfants d'âge scolaire. Les objectifs de cette quatrième partie sont d'étudier les effets de la consommation de la collation fortifiée sur la structure de l'alimentation des élèves et sur son efficacité à réduire leurs déficits nutritionnels.

Le premier chapitre vise à identifier d'éventuelles modifications liées à la consommation de la collation au niveau de la fréquence, de la nature et de la composition des repas des élèves. L'étude a été réalisée en deux temps. Tout d'abord, en 2004-2005 au début et après 5 mois d'intervention du PAS-Nutrimad auprès de mêmes élèves. Ensuite, en 2006 auprès d'élèves fréquentant des écoles bénéficiant ou non de la mise en place du PAS-Nutrimad, ce qui a permis la réalisation de comparaisons de la structure de l'alimentation dans le temps (avant/après) et dans l'espace (ici/ailleurs).

Le second chapitre porte sur la comparaison des niveaux moyens d'ingérés en énergie et en nutriments de groupes d'élèves ayant consommé ou non de la collation la veille de l'enquête. Les travaux ont fait l'objet, d'une part, d'une communication et d'un article présentés à *l'Académie Malgache lors de la séance de la section des Sciences Fondamentales* du 19 juin 2008 et, d'autre part, d'une communication affichée présentée lors de «*International Congress of Nutrition*», du 04 au 09 octobre 2009 à Bangkok, Thaïlande.

Chapitre 1

Effet de la consommation de la collation du PAS-Nutrimad sur la fréquence, la nature et la composition des repas des élèves

Introduction

En général, le rythme alimentaire des malgaches est de 3 repas par jour (MOST, 2004). L'aliment de base est le riz. Il est consommé après cuisson dans une quantité plus ou moins importante d'eau et il est généralement servi avec un accompagnement (*laoka*) à base de légumes-feuilles désignées sous le terme de brèdes. Le *laoka* comporte parfois de la viande de poulet, de porc ou de zébu. Le manioc et le maïs sont aussi largement consommés dans certaines régions. Le régime est relativement pauvre en matière grasse dont la principale source est l'huile de soja (FAO, 2005).

La structure de l'alimentation des enfants d'âge scolaire n'est, en général, pas différente de celle de l'ensemble de la population. Une enquête préliminaire réalisée dans le cadre du programme Nutrimad avait montré que le riz est largement consommé au cours des 3 repas principaux (Ratsito, 2004). Pour accompagner le riz, les aliments consommés au moins deux fois par semaine sont les brèdes (71% des familles), les légumineuses et les légumes (62%), le poisson (57%) et la viande (52%). La consommation de fruits est peu fréquente.

Peu d'études se sont intéressées aux effets de la prise d'un aliment distribué dans le cadre d'un programme d'alimentation scolaire sur la structure de l'alimentation des enfants qui en bénéficient. Les rapports réalisés par la plupart des auteurs font surtout références à une amélioration non négligeable des ingérés nutritionnels des enfants qui ont profité de l'intervention et aux effets sur leurs performances cognitives et scolaires et sur leur état nutritionnel (Meme *et al*, 1994 ; Ahmed & Ninno, 2002 ; Whaley, 2003 ; Musamali, 2007).

Cette étude a donc été entreprise pour préciser la structure de l'alimentation des enfants scolarisés à Antananarivo et mettre en évidence d'éventuelles modifications chez ceux bénéficiant de la stratégie mise en place par Nutrimad. Elle repose sur des enquêtes par rappel de 24H permettant de comparer la fréquence, la nature et la composition des repas d'enfants ayant consommé ou non la collation distribuée la veille de l'enquête.

Méthodologie

1. Echantillonnage

Les enquêtes ont été menées, d'une part, en 2004-2005, auprès d'élèves de 4 EPP tirées au sort parmi les 15 devant faire l'objet du PAS-Nutrimad et, d'autre part, en 2005-2006, auprès d'élèves de 8 EPP, dont 4 écoles d'intervention (EI) du PAS-Nutrimad et 4 écoles prises comme témoins pour évaluer la stratégie.

En 2004-2005, des enquêtes exhaustives ont été réalisées en début d'année avant le démarrage effectif de l'intervention (T_0) et après 5 mois d'intervention (T_1). En 2005-2006, les écoles d'intervention ont été choisies parmi les 15 écoles d'intervention précédentes tandis que les 8 écoles témoins ont été sélectionnées en essayant de les apparier avec les écoles témoins sur

des critères d'effectif total d'élèves et de nombre de classes par niveau scolaire. Pour chaque niveau scolaire et pour chaque paire d'écoles appariées, un tirage au sort a été effectué afin d'identifier les classes participant à l'étude quand le nombre de classes d'une des deux écoles était supérieur à celui de l'autre.

2. Collecte des données

Les enquêtes auprès des enfants ont été menées par voie de questionnaire (*annexes 12 et 13*) portant sur la fréquence et la nature des prises alimentaires (petit-déjeuner, déjeuner, dîner, goûters du matin et de l'après-midi) pris la veille de l'enquête ainsi que sur la nature des aliments consommés à chaque prise alimentaire.

Afin de faciliter la compréhension des questionnaires et d'aider les enfants à les remplir, les aliments ont été répertoriés en catégories et proposés aux enfants sous forme de photos ou de dessins facilitant leur identification:

- le riz : *vary sosoa, vary maina, vary amin'anana, vary apango*
- les aliments à base de céréales: pain, maïs bouilli, pâtes alimentaires, biscuits...
- les tubercules et racines: manioc bouilli, taro bouilli, patate douce bouillie, pomme de terre...
- les beignets: *mofo gasy, mokary, ramanonaka, mofo sira, menakely, makasaoka, mofo bol, mofo grefy, mofo akondro...* ;
- les viandes, les poissons, les crustacés, les mollusques, les volailles et les œufs ;
- les légumes: poireau, carotte, céleri, potiron, courgette, haricot vert, cristophine, concombre, tomate et brèdes y compris *ravitoto*, salade composée... ;
- les légumineuses: pois du cap, petit pois, haricot, soja (poudre), arachide,... ;
- les fruits: pomme, pêche, goyave, banane, ... ;
- le lait et produits laitiers: lait, yaourt à boire, fromage, beurre... ;
- les confiseries: bonbons, sucreries...

Les questionnaires ont été soumis le même jour pour les élèves de 2 écoles appariées. Les enfants remplissaient eux-mêmes le questionnaire (CE, CM1 et CM2) ou étaient aidés (CP1 et CP2) par des enquêteurs.

3. Traitement des données

Les informations recueillies ont été saisies dans une base de données Access puis ont été transférées dans des fichiers Excel. Les données ont été par la suite analysées sur *Statgraphics Plus version 5.1*. L'analyse des données a consisté à comparer, entre les enfants ayant consommé ou non la collation le jour sur lequel portait le rappel de 24H, les pourcentages d'entre eux ayant suivi différentes pratiques alimentaires (prise des différents repas, nature des aliments ou des groupes d'aliments consommés) en utilisant des tests de Chi-2. Pour certaines variables quantitatives (*nombre de repas ou de prises de certains aliments*) ; les moyennes calculées pour des enfants ayant consommé ou non la collation la veille ont été comparées en utilisant le test de *Student*.

Résultats et discussion

1. Etude réalisée pendant l'année 2004-2005 dans quatre écoles

1.1. Nature et fréquence journalière des repas

Les fréquences journalières et le nombre de prises alimentaires des élèves enquêtés en 2004-2005 sont présentés dans le tableau IV/1-1.

Plus de 95% des enfants enquêtés aux temps T_0 et T_1 avaient pris la veille un petit-déjeuner, un déjeuner et un dîner. On observe une légère augmentation du nombre d'enfants ayant pris un petit déjeuner entre T_0 et T_1 (95,3% vs 96,8%). Le pourcentage d'enfants prenant un déjeuner ne varie pas significativement entre T_0 et T_1 et, au cours de la seconde enquête entre les enfants ayant pris ou non la collation. En revanche, les élèves sont proportionnellement plus nombreux à T_1 qu'à T_0 à prendre un dîner (98,0% vs 96,0%), ce qui avait déjà été constaté par [Laillou *et al* \(2006\)](#). Si on considère le nombre de repas principaux pris par les enfants la veille de l'enquête, on observe que le pourcentage d'enfants prenant 3 repas est significativement plus élevé en T_1 qu'en T_0 (93,8% vs 89,0%).

Concernant les goûters, les enfants au moment T_1 sont proportionnellement plus nombreux à en prendre le matin (86%) et l'après-midi (69%) qu'au moment T_0 (respectivement, 64% et 52%). Les enfants ayant pris la collation en T_1 sont significativement plus nombreux à prendre 2 goûters par jour que les enfants en T_0 et que les enfants ne prenant pas de collation en T_1 .

Lorsqu'on considère le nombre total de prises alimentaires, les enfants sont proportionnellement plus nombreux à en prendre 5 et moins nombreux à en prendre moins de 4 en T_1 qu'en T_0 . Que les enfants prennent ou non la collation en T_1 , le nombre moyen de prises alimentaires est significativement plus élevé qu'en T_0 .

Il apparaît donc que la prise de la collation proposée par Nutrimad ne diminue pas le nombre de repas principaux et de goûters pris par les enfants. On constate même une proportion plus importante d'enfants ayant pris un dîner chez ceux ayant consommé le même jour la collation.

Tableau IV/1-1: Comparaison des fréquences journalières et du nombre de prises alimentaires par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2004-2005				Niveau de signification ¹		
	T ₀	T ₁	T ₁ (sans collation)	T ₁ (avec collation)	T ₀ vs T ₁	T ₀ vs T ₁ (avec collation)	T ₁ (avec vs sans collation)
<i>n</i>	2061	2261	585	1676			
Consommation de la collation PAS-Nutrimad							
- Matin	0	44,8	0	60,4	<0,0001	<0,0001	<0,0001
- Après midi	0	29,4	0	39,6	<0,0001	<0,0001	<0,0001
- Matin ou après midi	0	74,2	0	100	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Consommation des repas principaux							
- Petit déjeuner	95,3	96,8	97,6	96,5	<0,05	ns	ns
- Déjeuner	96,1	96,7	97,6	96,4	ns	ns	ns
- Dîner	96,0	98,0	97,9	98,0	<0,001	<0,001	ns
<i>Nombre</i> ≤2	11,0	6,2	5,6	6,5	<0,0001	<0,0001	ns
3	89,0	93,8	94,4	93,5	<0,0001	<0,0001	ns
Consommation de goûters (y compris la collation)							
- le matin	63,7	86,2	81,4	87,9	<0,0001	<0,0001	<0,001
- l'après midi	52,2	68,8	65,1	70,0	<0,0001	<0,0001	<0,05
<i>Nombre</i> 0	24,9	6,0	9,9	4,6	<0,0001	<0,0001	<0,0001
1	34,4	33,1	33,7	32,9	<0,0001	<0,0001	<0,0001
2	40,7	60,9	56,4	62,5	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Nombre total de prises alimentaires							
≤3	29,9	9,5	13,0	8,2	<0,0001	<0,0001	<0,001
4	32,3	31,1	32,0	30,8	<0,0001	<0,0001	<0,001
5	37,8	59,4	55,0	61,0	<0,0001	<0,0001	<0,001
Moyenne ± ET	4,03±0,9	4,47±0,8	4,40±0,8	4,49±0,8	<0,0001	<0,0001	<0,05

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; ns= non significatif

T₀ : enquête réalisée avant intervention du PAS-Nutrimad - T₁ : enquête effectuée après 5 mois d'intervention

1.2. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux

Les résultats concernant la fréquence de consommation de chaque groupe d'aliment au cours des repas principaux par les enfants ayant consommé ou non la collation sont présentés sur la figure IV/1-1.

Le riz, cuisiné sous différentes formes, est consommé par plus de 85% des enfants à chaque repas. Les fréquences de consommation au déjeuner et au dîner sont significativement plus élevées pour les enfants ayant pris la collation fortifiée (T₁). Les autres céréales sont consommées au petit-déjeuner par près d'un tiers des élèves sans que la prise de la collation n'influe significativement sur leur fréquence de consommation. Quel que soit le repas, la fréquence de consommation de racines et tubercules ne dépasse pas 17% et n'est pas statistiquement différente, sauf au petit déjeuner, entre T₀ et T₁.

Respectivement, plus de 36%, 49% et 53% des enfants enquêtés déclarent avoir pris de la viande, du poisson ou de l'œuf, respectivement au petit déjeuner, au déjeuner et au dîner : les enfants ayant pris la collation en T₁ sont proportionnellement plus nombreux que les enfants à T₀ à déclarer avoir consommé ces sources de protéines animales au petit déjeuner et au dîner

et moins nombreux au déjeuner. Les fréquences de consommation des produits laitiers ne varient pas selon que les enfants aient consommé ou non la collation.

Moins de 16% des enfants ont déclaré avoir consommé des légumineuses au cours des différents repas et les fréquences de leur consommation ne varient pas significativement entre T₀ et T₁. Les fréquences de consommation de légumes, qui sont plus importantes au déjeuner et au dîner qu'au petit déjeuner, sont systématiquement statistiquement plus élevées pour les élèves ayant pris la collation en T₁ que pour les élèves en T₀. La consommation de fruits reste peu fréquente à tous les repas ; la comparaison de leurs fréquences de consommation au déjeuner laisse apparaître une consommation significativement moins fréquente en T₁ qu'en T₀ (15% vs 24%).

Les fréquences de consommation des beignets et des confiseries sont très faibles. Au petit déjeuner, elles sont plus faibles chez les élèves ayant pris la collation en T₁ qu'en T₀.

Si l'on synthétise ces informations en regroupant les différents groupes d'aliments en trois catégories (aliments amylacés, aliments d'origine animale et fruits et légumes), et que l'on compare les fréquences de consommation de ces trois catégories d'aliments par les élèves en T₀ et T₁. (*Figure IV/1-2*), on constate que la consommation de la collation se traduit par :

- une faible augmentation de la fréquence de consommation d'aliments amylacés au dîner ;
- une faible diminution de la fréquence de consommation de produits d'origine animale au déjeuner (55,5% vs 50,9%), mais en revanche une augmentation de leur fréquence de consommation au petit déjeuner et au dîner ;
- une augmentation des fréquences de consommation des fruits et légumes au petit-déjeuner et au dîner.

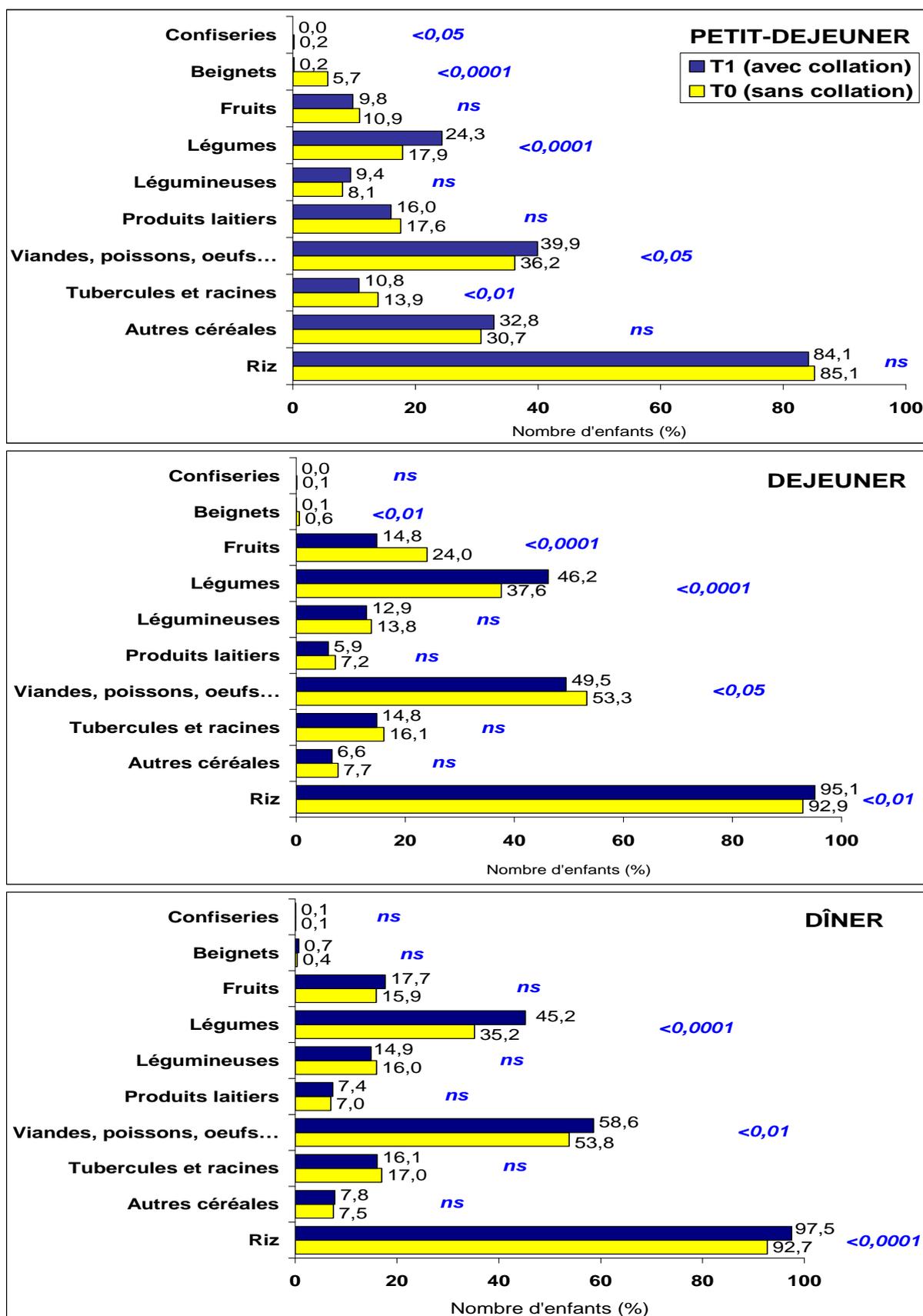


Figure IV/1-1: Comparaison (Test t de Chi 2) des fréquences de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

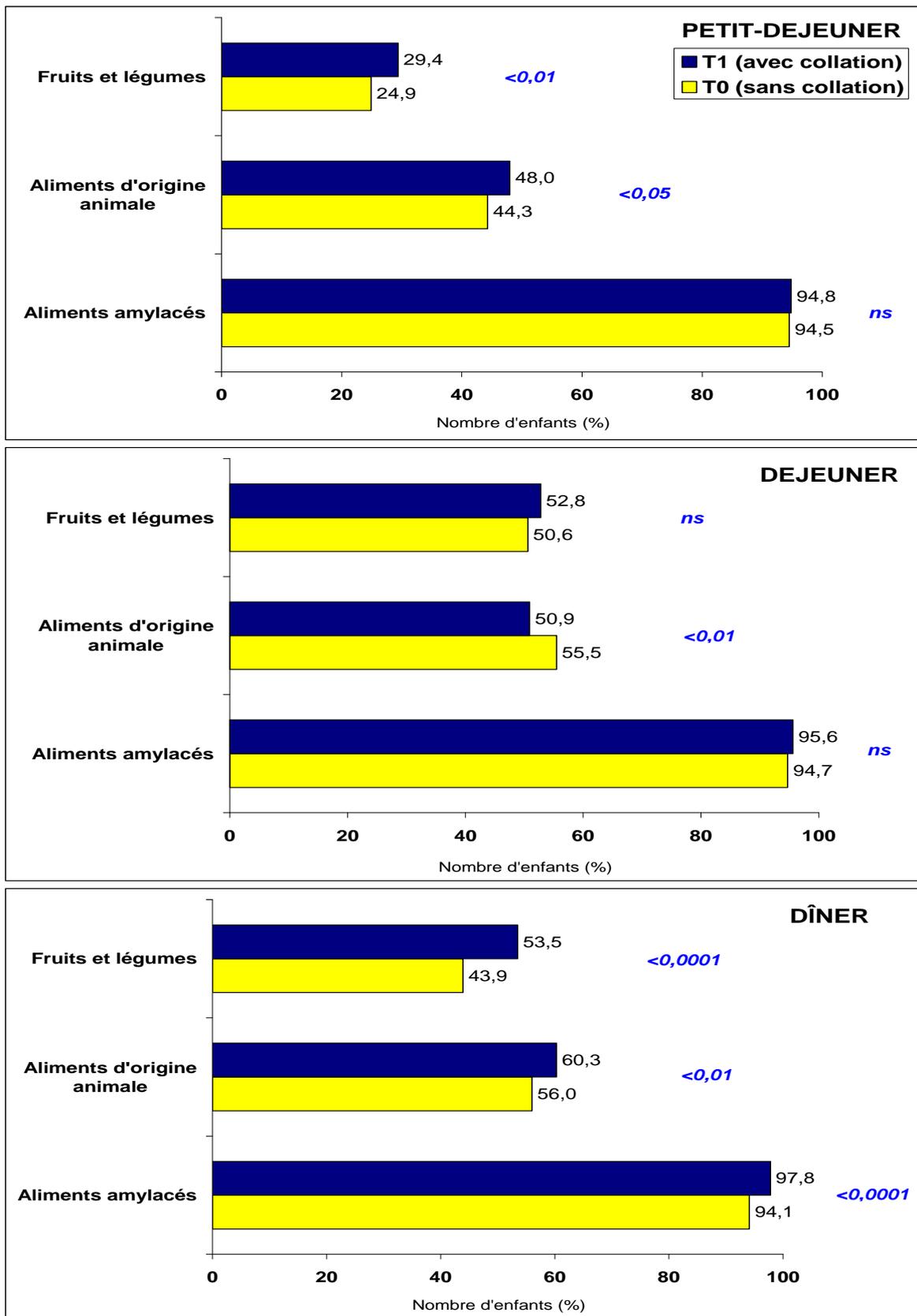


Figure IV/1-2: Comparaison (*Test t de Chi 2*) des fréquences de consommation d'aliments amylacés, d'aliments d'origine animale et de fruits et légumes au cours des repas principaux par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

1.3. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des goûters

La nature et la fréquence de consommation des groupes d'aliments pris au cours des goûters sont présentées dans la figure IV/1-3.

On constate que la prise de la collation s'accompagne d'une légère diminution de la consommation de beignets au goûter du matin (26% vs 20%) et d'une baisse de moitié de la proportion d'enfants qui prennent des fruits (tamarin). Les fréquences de consommation de céréales et de tubercules et racines au goûter du matin n'ont pas changé de T₀ à T₁.

La prise de la collation n'influe pas sur la consommation de beignets, de racines et tubercules et de fruits (tamarin) au goûter de l'après-midi. En revanche, elle s'accompagne d'une augmentation significative de la fréquence de consommation de céréales (19% vs 39%).

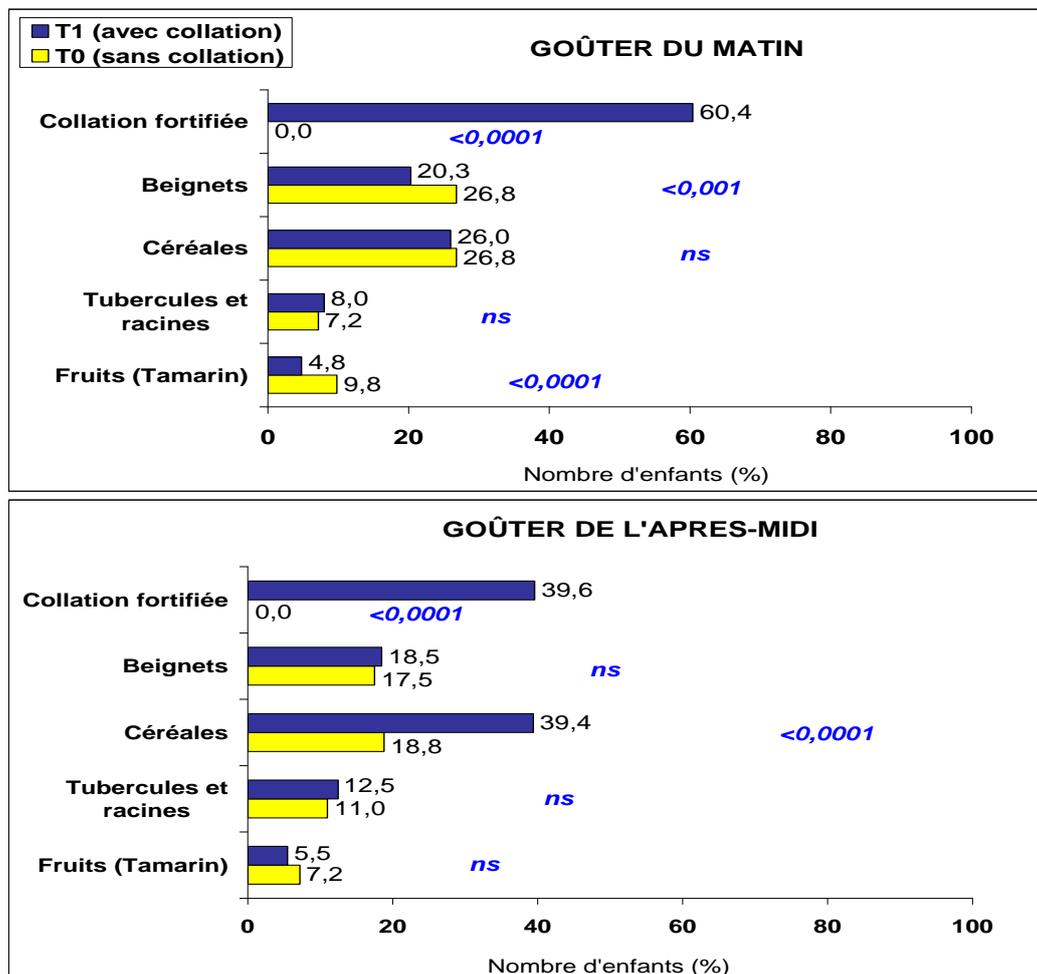


Figure IV/1-3: Comparaison (*Test t de Chi 2*) des fréquences de consommation des aliments consommés au cours des goûters par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

1.4. Fréquence journalière de consommation des principaux aliments

Les fréquences journalières de consommation des principaux aliments sources d'énergie et de protéines animales ainsi que des aliments végétaux sources de vitamines et minéraux par les enfants en T₀ et en T₁ sont données dans les tableaux IV/1-2a, b et c.

Tableau IV/1-2a : Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources d'énergie par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2004-2005				Niveau de signification ¹		
	T ₀	T ₁	T ₁ (sans collation)	T ₁ (avec collation)	T ₀ vs T ₁	T ₀ vs T ₁ (avec collation)	T ₁ (avec vs sans collation)
<i>n</i>	2061	2261	585	1676			
<i>aucune</i>	29,8	36,3	40,0	35,0	<0,0001	<0,001	<0,05
<i>Au moins une</i>	70,2	63,7	60,0	65,0			
Vary sosoá							
<i>Dont : 1</i>	53,6	49,8	46,7	50,8			
2	13,4	11,3	10,2	11,6			
3	3,2	2,6	3,1	2,5			
Vary mainá					<0,0001	<0,0001	<i>ns</i>
<i>aucune</i>	23,1	16,8	17,4	16,6			
<i>Au moins une</i>	76,9	83,2	82,6	83,4			
<i>Dont : 1</i>	58,2	59,8	57,5	60,7			
2	17,5	21,3	21,9	21,1			
3	1,2	2,1	3,2	1,7			
Vary amin'anana					<i>ns</i>	<i>ns</i>	<0,05
<i>aucune</i>	80,2	79,8	76,8	80,9			
<i>Au moins une</i>	19,8	20,2	23,2	19,1			
<i>Dont : 1</i>	16,7	15,8	17,4	15,2			
≥2	3,1	4,4	5,8	3,9			
Riz					<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>aucune</i>	1,4	0,8	0,3	1,0			
<i>Au moins une</i>	98,6	99,2	99,7	99,0			
<i>Dont : 1</i>	14,1	14,2	15,7	13,7			
2	68,4	69,0	66,1	70,0			
3	10,4	8,1	9,4	7,7			
≥4	5,7	7,8	8,4	7,6			
Moyenne ² ± ET	2,11±0,98	2,15±1,07	2,18±1,11	2,14±1,05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
Autres aliments amylacés					<0,05	<0,001	<0,001
<i>aucune</i>	13,5	16,0	11,6	17,5			
<i>Au moins une</i>	86,5	84,0	88,4	82,5			
<i>Dont : 1</i>	25,2	25,6	24,3	26,1			
2	27,8	27,5	26,8	27,8			
3	18,2	18,4	22,7	17,0			
≥4	15,3	12,5	14,6	11,6			
Moyenne ² ± ET	2,15±1,79	2,08±1,97	2,28±1,97	2,00±1,96	<i>ns</i>	<0,05	<0,01
Ensemble des aliments amylacés					<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>aucune</i>	0,3	0,6	0,2	0,7			
<i>Au moins une</i>	99,7	99,4	99,8	99,3			
<i>Dont : 1</i>	1,2	1,5	1,4	1,6			
2	14,1	15,1	11,3	16,5			
3	24,5	24,3	22,0	25,1			
4	25,2	27,2	27,7	30,0			
≥5	34,7	31,3	37,4	26,1			
Moyenne ² ± ET	4,25±2,36	4,23±2,66	4,46±2,67	4,14±2,65	<i>ns</i>	<0,05	<0,05

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; *ns*= non significatif

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

T₀ : enquête réalisée avant intervention du PAS-Nutrimad - T₁ : enquête effectuée après 5 mois d'intervention

Les pourcentages d'enfants consommant au moins une fois du riz dans la journée et, pour ces derniers, le nombre moyen de prises alimentaires journalières contenant du riz ne varient pas entre T₀ et T₁. Toutefois, si on s'intéresse aux différences existant entre T₀ et T₁ au niveau de la consommation des différentes formes de consommation du riz, on constate que :

- le pourcentage d'enfants qui consomment au moins une fois du *vary sosoa* dans la journée est significativement plus élevé en T₀ qu'en T₁ que les enfants prennent ou non la collation ;
- que les fréquences de consommation du *vary maina* évoluent en sens opposé ;
- que celles du *vary amin'anana* restent inchangées.

Pour les autres aliments amyliacés, le pourcentage d'enfants qui en consomment au moins une fois dans la journée est significativement plus élevé en T₀ qu'en T₁ et le nombre moyen de prises journalières, pour ceux qui en consomment, est significativement moins élevé pour les enfants qui ont consommé une collation en T₁.

En considérant l'ensemble des aliments sources d'énergie, leurs fréquences de consommation n'ont pas évolués de T₀ à T₁ mais le nombre moyen de prises par jour est plus élevé pour les enfants qui n'ont pas de collation en T₁.

Tableau IV/1-2b : Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources de protéines animales par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2004-2005				Niveau de signification ¹		
	T ₀	T ₁	T ₁ (sans collation)	T ₁ (avec collation)	T ₀ vs T ₁	T ₀ vs T ₁ (avec collation)	T ₁ (avec vs sans collation)
<i>n</i>	2061	2261	585	1676			
Viande	<i>aucune</i>	40,7	42,4	41,4	42,8	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	59,3	57,6	58,6	57,2		
	<i>Dont :1</i>	32,8	30,4	30,9	30,2		
	2	20,3	19,6	19,5	19,6		
	3	4,0	5,6	5,6	5,6		
	≥4	2,2	2,0	2,6	1,8		
Poissons	<i>aucune</i>	68,8	60,8	61,2	60,7	<0,0001	<0,0001
	<i>Au moins une</i>	31,2	39,2	38,8	39,3		
	<i>Dont :1</i>	24,5	29,0	28,2	29,2		
	≥2	6,7	10,2	10,6	10,1		
Produits laitiers	<i>aucune</i>	75,9	77,3	74,5	78,2	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	24,1	22,7	25,5	21,8		
	<i>Dont :1</i>	16,5	15,1	16,1	14,8		
	≥2	7,6	7,6	9,4	7,0		
Ensemble des aliments sources de protéines	<i>aucune</i>	19,7	20,6	21,2	20,3	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	80,3	79,4	78,8	79,7		
	<i>Dont :1</i>	23,6	22,8	21,0	23,4		
	2	26,3	24,3	22,6	24,9		
	3	16,7	18,8	20,5	18,3		
≥4	13,7	13,5	14,7	13,1			
Moyenne ² ± ET	2,04±2,00	2,13±2,32	2,21±2,51	2,09±2,25	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; *ns*= non significatif

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

T₀ : enquête réalisée avant intervention du PAS-Nutrimad - T₁ : enquête effectuée après 5 mois d'intervention

Les fréquences de consommation de viande et de produits laitiers ne varient pas de T₀ à T₁ et ne sont pas modifiées par la prise de collation. En revanche, la fréquence de consommation de poissons au moins une fois dans la journée est plus significativement plus élevée en T₁ qu'en T₀ (39% vs 31%).

Si l'on considère la consommation de l'ensemble des aliments sources de protéines animales, on constate que le pourcentage d'enfants en consommant au moins une fois dans la journée, ainsi que le nombre moyen de prises alimentaires avec protéines animales pour ceux qui en consomment au moins une fois, ne varient pas entre T₀ et T₁ (Tableau IV/1-2b).

Concernant les aliments végétaux sources de vitamines et de minéraux (Tableau IV/1-2c), les brèdes et les légumes sont significativement moins consommés en T₀ qu'en T₁ alors que la consommation des fruits déjà très élevée à T₀, augmente encore significativement entre T₀ et T₁. On constate que la quasi totalité des enfants consomment au moins une fois par jour des aliments sources de vitamines et minéraux, mais que le nombre moyen de prises alimentaires en contenant est significativement plus élevé en T₁ qu'en T₀ (2,87 vs 2,56).

Tableau IV/1-2c : Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments végétaux sources de vitamines et minéraux par les enfants à T₀ (n=2061) et T₁ (n=1676) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2004-2005				Niveau de signification ¹		
	T ₀	T ₁	T ₁ (sans collation)	T ₁ (avec collation)	T ₀ vs T ₁	T ₀ vs T ₁ (avec collation)	T ₁ (avec vs sans collation)
<i>n</i>	2061	2261	585	1676			
<i>aucune</i>	53,4	49,3	53,0	48,0	<0,01	<0,01	<0,05
<i>Au moins une</i>	46,6	50,7	47,0	52,0			
Brèdes	<i>Dont :1</i>	32,3	32,4	29,2			
	2	11,3	13,5	12,5			
	3	3,1	4,8	5,3			
				4,6			
<i>aucune</i>	73,3	62,5	61,5	62,9	<0,0001	<0,0001	ns
<i>Au moins une</i>	26,7	37,5	38,5	37,1			
Légumes	<i>Dont :1</i>	18,5	23,3	24,8			
	≥2	8,2	14,2	13,6			
				14,3			
<i>aucune</i>	2,7	0,8	3,2	0,0	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<i>Au moins une</i>	97,3	99,2	96,8	100			
Fruits	<i>Dont :1</i>	61,8	66,4	61,2			
	2	21,6	20,0	20,3			
	≥3	13,9	26,8	15,2			
				12,0			
<i>aucune</i>	0,6	0,1	0,5	0,0	<0,01	<0,01	<0,01
<i>Au moins une</i>	99,4	99,9	99,5	100			
Ensemble des aliments végé- taux sources de vitamines et de minéraux	<i>Dont :1</i>	27,6	21,9	23,4			
	2	29,6	27,7	28,2			
	3	21,9	25,6	23,2			
	≥4	25,3	24,6	24,6			
				24,7			
Moyenne ² ± ET	2,56±1,67	2,87±1,99	2,89±2,18	2,86±1,93	<0,0001	<0,0001	ns

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; ns= non significatif

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

T₀ : enquête réalisée avant intervention du PAS-Nutrimad - T₁ : enquête effectuée après 5 mois d'intervention

Au total il apparaît donc que la consommation de la collation ne s'accompagne pas de diminution des fréquences de consommation des différents d'aliments. Les fréquences de consommation de poissons, des brèdes, des légumes et des fruits sont même plus élevées chez les élèves consommant la collation en T₁ que chez ceux qui ne la consommaient pas encore en T₀. Cette augmentation des fréquences de consommation d'aliments nutritionnellement intéressants est conforme à celle déjà observée dans le Sud de Madagascar en réponse à l'ouverture de cantines scolaires ouvertes avec l'appui du PAM (Bossard, 2006). Sous réserve que les variations de fréquences de consommation de ces groupes d'aliments ne soient pas uniquement dues à des variations saisonnières de disponibilité, cette tendance à l'amélioration de l'alimentation peut résulter d'une prise de conscience par les élèves et par leur famille de l'importance d'une bonne alimentation en relation avec la mise en oeuvre du PAS-Nutrimad.

2. Etude réalisée en 2006 dans quatre écoles témoins et quatre écoles d'intervention

2.1. Nature et fréquence journalière des repas

Les fréquences journalières et le nombre de prises alimentaires observées au cours de l'enquête réalisée en 2005-2006 dans les écoles bénéficiant ou non du PAS-Nutrimad sont comparées dans le tableau IV/1-3.

Tableau IV/1-3: Comparaison des fréquences journalières et du nombre de prises alimentaires des élèves la veille de l'enquête selon qu'ils avaient consommé ou non la collation du PAS-Nutrimad

	2005-2006				Niveau de signification ¹		
	ET	EI	EI (sans collation)	EI (avec collation)	ET vs EI	ET vs EI (avec collation)	EI (avec vs sans collation)
<i>n</i>	2201	2384	494	1890			
Consommation de la collation PAS-Nutrimad							
- Matin	0	35,7	0	45,0	<0,0001	<0,0001	<0,0001
- Après midi	0	43,6	0	55,0	<0,0001	<0,0001	<0,0001
- Matin ou après midi	0	79,3	0	100	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Consommation des repas principaux							
- Petit déjeuner	98,7	98,7	99,2	98,6	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
- Déjeuner	98,6	97,6	97,0	97,8	<0,05	<0,05	<i>ns</i>
- Dîner	98,7	98,2	97,8	98,3	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<i>Nombre</i>	≤2 3	3,7 96,3	5,3 94,7	5,9 94,1	5,1 94,9	<0,05	<i>ns</i>
Consommation de goûters (y compris la collation)							
- le matin	73,8	72,2	69,4	73,0	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
- l'après midi	65,3	72,4	67,0	64,9	<0,0001	<0,0001	<i>ns</i>
<i>Nombre</i>	0 1 2	13,5 26,8 59,7	13,9 34,6 51,5	16,2 31,2 52,6	13,3 35,5 51,2	<0,0001	<i>ns</i>
Nombre total de prises alimentaires							
	≤3	15,2	16,1	19,0	15,3		
	4	26,0	33,6	29,4	34,7	<0,0001	<i>ns</i>
	5	58,8	50,3	51,6	50,0		
Moyenne² ± ET		4,42±0,78	4,32±0,79	4,30±0,78	4,32±0,78	<0,0001	<i>ns</i>

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; *ns* = non significatif - ET : Ecoles témoins - EI : Ecoles d'intervention du PAS-Nutrimad

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

Quel que soit le type d'écoles et que les élèves aient pris ou non la collation la veille de l'enquête, chacun des trois repas principaux avait été pris par plus de 97% des enfants. Le pourcentage d'enfants prenant un déjeuner est cependant significativement un peu plus élevé dans les ET que dans les EI (98,6% vs 97,6%). Globalement, le pourcentage d'enfants ayant pris leurs 3 repas principaux est significativement légèrement plus faible dans les écoles d'intervention que dans les écoles témoins (94,7% vs 96,3%).

En ce qui concerne les goûters, les enfants des EI sont significativement plus nombreux que ceux des ET à en prendre l'après-midi (72,4 vs 65,3). Mais, sur l'ensemble de la journée, les enfants des EI sont significativement moins nombreux à prendre 2 goûters que ceux des ET (51,5% vs 59,7%).

Lorsqu'on considère le nombre total de prises alimentaires, les enfants sont proportionnellement moins nombreux à en prendre 5 et plus nombreux à en prendre moins de 4 dans les EI que dans les ET. La comparaison des nombres moyens de prises alimentaires montre d'ailleurs que les enfants des écoles témoins reçoivent significativement plus de repas que ceux des écoles d'intervention.

On constate donc que la prise de la collation proposée par Nutrimad a tendance à diminuer, faiblement mais significativement, le nombre de repas principaux et de goûters pris par les enfants qui bénéficient du PAS-Nutrimad.

2.2. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux

La fréquence de consommation de chaque groupe d'aliment au cours des 3 repas principaux est présentée dans la figure IV/1-2.

La fréquence de consommation de riz dans les ET et EI est importante (plus de 76% des enfants) à chacun des 3 repas principaux. Au petit-déjeuner, elle est significativement plus importante dans les EI que dans les ET (83% vs 76%). La consommation d'autres céréales, qui se fait principalement au petit-déjeuner, ne diffère pas entre les deux groupes d'écoles. Les fréquences de consommation de racines et tubercules restent très faibles quel que soit le repas.

A chacun des repas principaux, plus du tiers des enfants avaient consommé de la viande, du poisson ou de l'œuf. Les enfants des EI ont été, légèrement mais significativement, proportionnellement plus nombreux à en consommer que les enfants des ET au petit-déjeuner et au déjeuner (respectivement, 36% vs 33% et 50% vs 44%). Les fréquences de consommation des produits laitiers sont très faibles et ne varient pas selon que les enfants fréquentent des ET ou des EI.

A aucun des repas, les légumineuses sont consommées par plus de 14% des enfants quel que soit le groupe d'écoles. Au dîner, les fréquences de consommation de légumes sont plus importantes chez les enfants des EI que chez ceux des ET (39% vs 35%). La consommation de fruits est légèrement moins élevée dans les ET que dans les EI (29% vs 35% pour le déjeuner ; 19% vs 23% pour le dîner).

Au petit-déjeuner, la fréquence de consommation des beignets par les enfants des ET est significativement plus importante que celle des enfants des EI (24% vs 19%).

En regroupant ces différents aliments dans trois catégories (*aliments amylicés, aliments d'origine animale et fruits et légumes*), on constate (*Figure IV/1-5*) que les fréquences de consommation par les élèves des EI sont plus importantes que celles des élèves des ET pour les aliments amylicés au petit déjeuner, les produits d'origine animale au petit-déjeuner et au déjeuner, les fruits et légumes aux trois repas principaux.

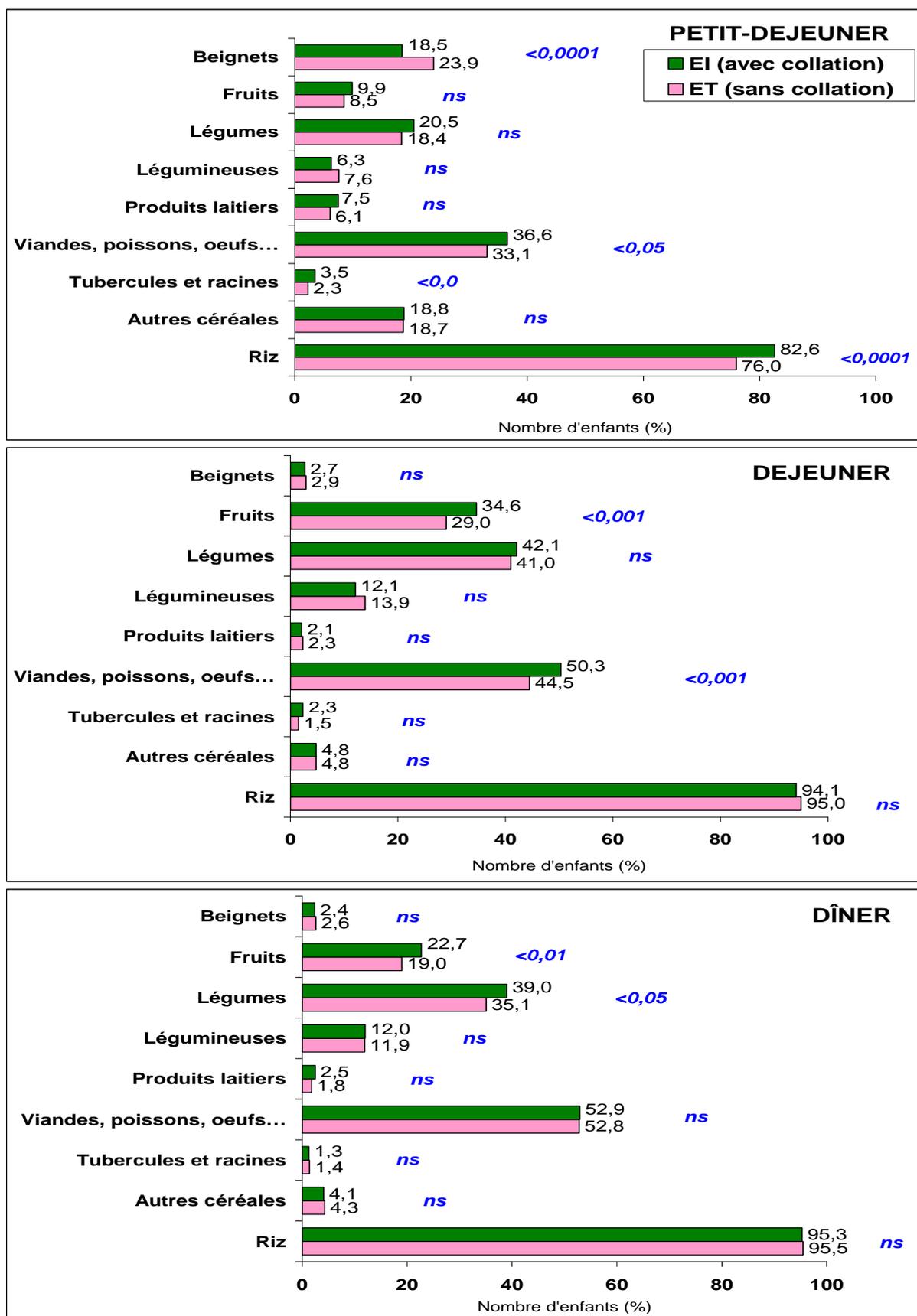


Figure IV/1-4: Comparaison (*Test t de Chi 2*) des fréquences de consommation des différents groupes d'aliments au cours des repas principaux par les enfants des ET ($n=2201$) et des EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

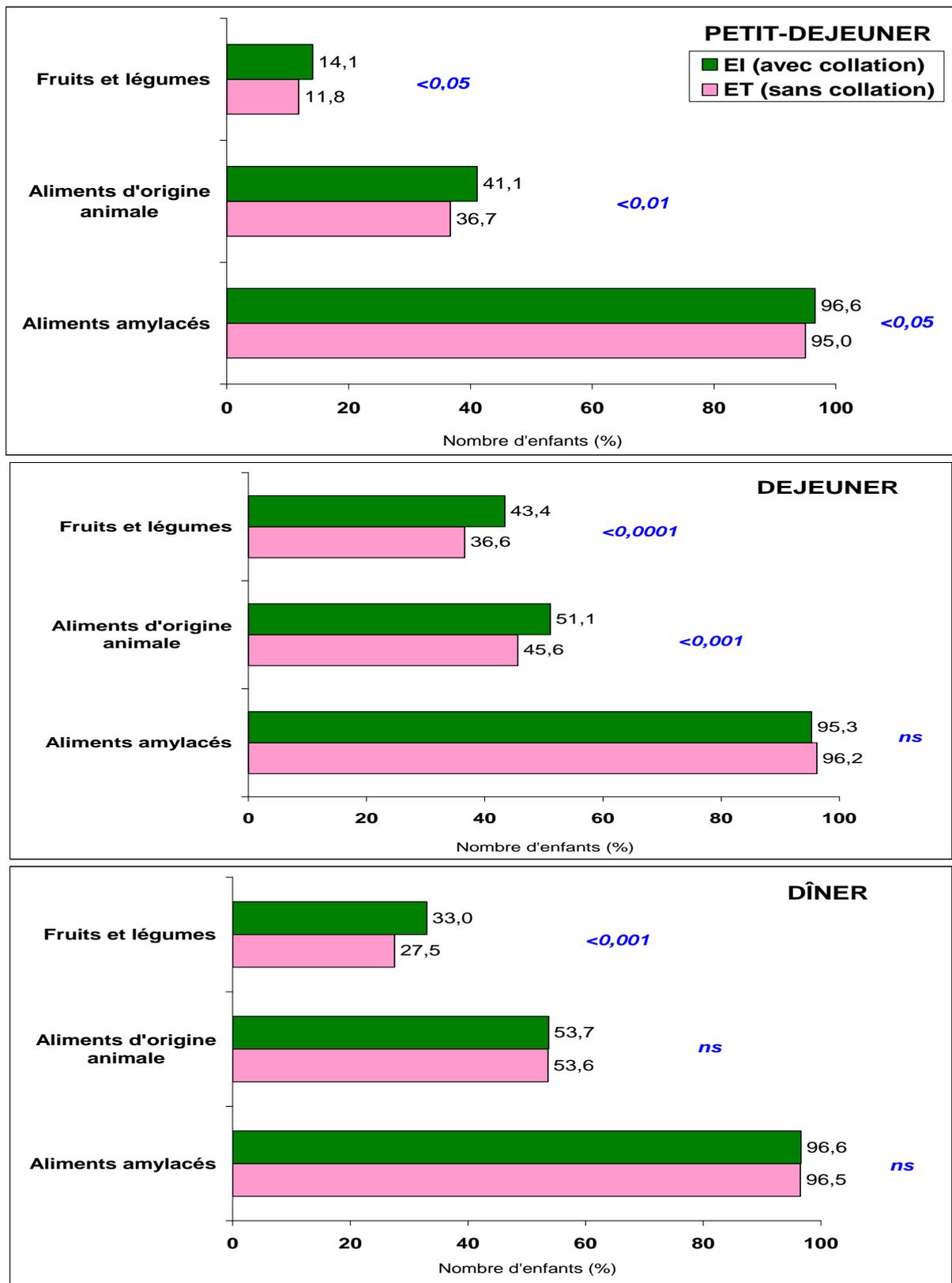


Figure IV/1-5 : Comparaison (*Test t de Chi 2*) des fréquences de consommation d'aliments amylacés, d'aliments d'origine animale et de fruits et légumes au cours des repas principaux par les enfants des ET ($n=2201$) et des EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

2.3. Nature et fréquence de consommation des différents groupes d'aliments au cours des goûters

La nature et la fréquence de consommation des groupes d'aliments pris au cours des goûters sont présentées sur la figure IV/1-6.

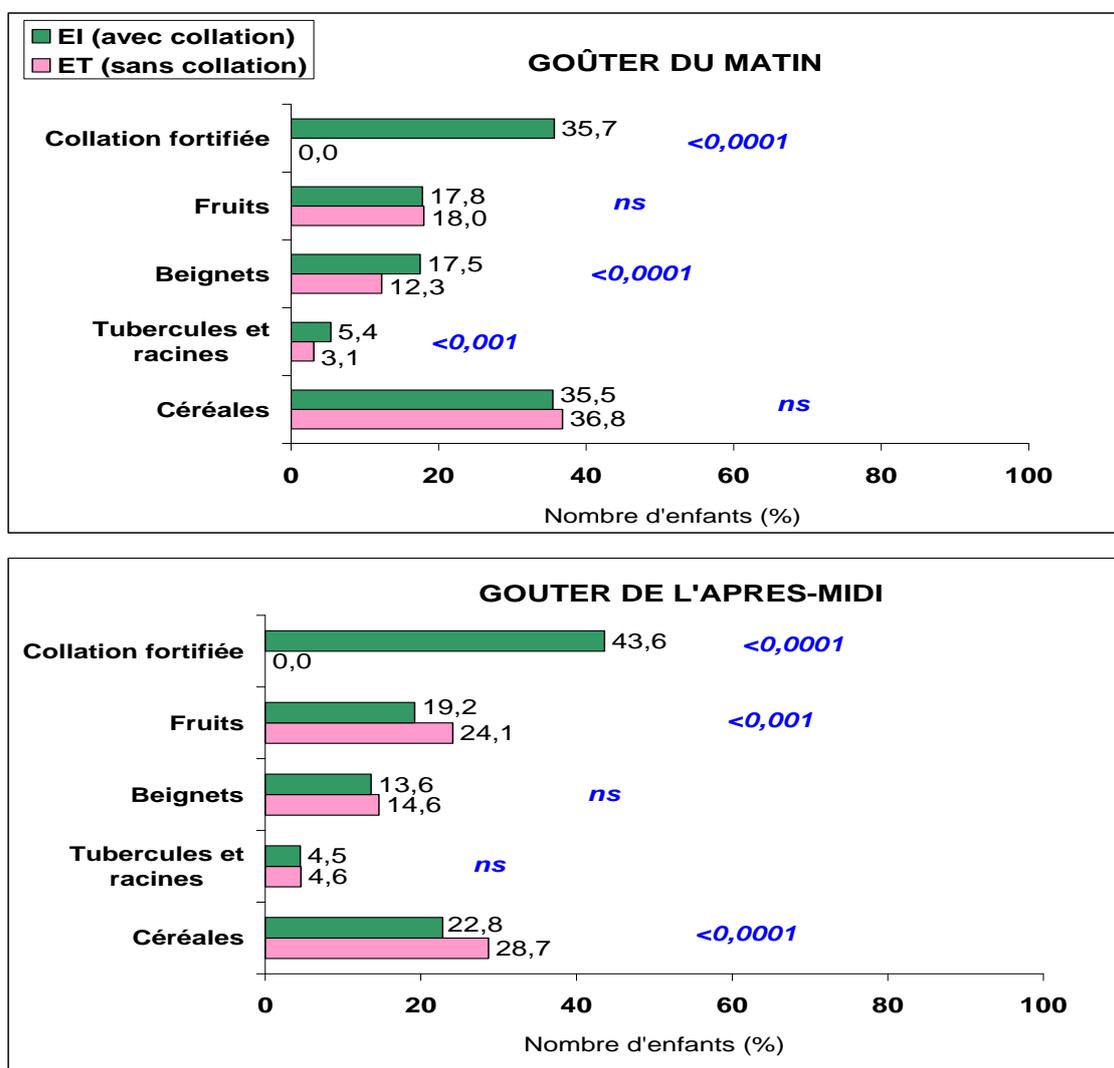


Figure IV/1-6: Comparaison (*Test t de Chi 2*) des fréquences de consommation des aliments consommés au cours des goûters par les enfants des ET ($n=2201$) et des EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

Les fréquences de consommation de céréales par les enfants des ET et des EI au goûter du matin ne diffèrent pas significativement. Celles des racines et tubercules sont faibles aussi bien dans les ET que dans les EI. La fréquence de consommation de beignets est significativement plus élevée dans les EI que dans les ET (17% vs 12%). Moins de 18% des enfants des deux groupes d'écoles prennent des fruits au goûter du matin.

Au goûter de l'après-midi, les pourcentages d'enfants qui prennent des céréales et des fruits sont, légèrement mais significativement, plus élevés dans les ET que dans les EI (29% vs 23% pour les céréales ; 24% vs 19% pour les fruits). En revanche, les fréquences de consommation de racines et tubercules et de beignets sont les mêmes dans les deux groupes d'écoles.

2.4. Fréquence de consommation journalière des principaux aliments

Les fréquences de consommation journalière des principaux aliments par les élèves des ET et des EI sont présentées dans les tableaux IV/1-4a, b et c.

Tableau IV/1-4a : Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources d'énergie par les enfants des ET ($n=2201$) et EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2005-2006				Niveau de signification ¹			
	ET	EI	EI (sans collation)	EI (avec collation)	ET vs EI	ET vs EI (avec collation)	EI (avec vs sans collation)	
<i>n</i>	2201	2384	494	1890				
Vary soosa	<i>aucune</i>	40,5	34,2	33,2	34,5	<0,0001	<0,01	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	59,5	65,8	66,8	65,5			
	<i>Dont :1</i>	44,4	48,5	49,6	48,2			
	2	13,4	15,5	16,0	15,3			
	3	1,7	1,8	1,2	2,0			
Vary maina	<i>aucune</i>	6,2	5,8	5,5	5,9	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	93,8	94,2	94,5	94,1			
	<i>Dont :1</i>	26,8	26,3	25,7	26,4			
	2	50,8	51,9	52,6	51,8			
	3	16,2	16,0	16,2	15,9			
Vary amin'anana	<i>aucune</i>	85,1	85,6	87,0	85,2	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	14,9	14,4	13,0	14,8			
	<i>Dont :1</i>	13,7	12,9	11,8	13,2			
	≥ 2	1,2	1,5	1,2	1,6			
Riz	<i>aucune</i>	0,3	0,2	0,4	0,2	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	99,7	99,8	99,6	99,8			
	<i>Dont : 1</i>	3,0	2,4	3,0	2,3			
	2	26,1	21,9	21,7	21,9			
	3	68,5	70,5	68,6	70,9			
	≥ 4	2,1	5,0	6,3	4,7			
Moyenne ² ± ET	2,69±0,60	2,79±0,62	2,79±0,67	2,79±0,60	<0,0001	<0,01	<i>ns</i>	
Autres aliments amylacés	<i>aucune</i>	18,8	20,8	21,3	20,6	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	81,2	79,2	78,7	79,4			
	<i>Dont :1</i>	18,2	17,8	15,6	18,4			
	2	21,3	23,8	21,3	24,5			
	3	16,1	15,7	18,0	15,1			
≥ 4	25,6	21,9	23,8	21,4				
Moyenne ² ± ET	2,32±1,82	2,22±1,88	2,32±1,97	2,20±1,85	<i>ns</i>	<0,05	<i>ns</i>	
Ensemble des aliments amylacés	<i>aucune</i>	0,1	0	0	0	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	99,1	100	100	100			
	<i>Dont :1</i>	0,5	0,4	0,4	0,4			
	2	3,3	3,4	3,8	3,3			
	3	22,5	22,8	23,8	22,5			
≥ 4	72,8	73,4	72,0	73,8				
Moyenne ² ± ET	5,01±1,92	5,01±1,99	5,11±2,14	4,98±1,95	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; *ns*= non significatif - ET : Ecoles témoins - EI : Ecoles d'intervention du PAS-Nutrimad

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

La quasi totalité des enfants (>99,5%) consomment au moins une fois du riz dans la journée. Le nombre moyen de prises alimentaires contenant du riz est, légèrement mais significativement, supérieur dans les EI que dans les ET (2,79 vs 2,69) mais ne diffère pas dans les EI entre enfants ayant consommé ou non la collation. Si on s'intéresse à la consommation des différents plats à base de riz, celle de *vary soosa*, au moins une fois dans la journée, est significativement plus importante dans les EI que dans les ET (66% vs 59%)

tandis que celles du *vary maina* et du *vary amin'anana*, ne diffèrent pas entre les deux groupes d'écoles.

Les fréquences de consommation des autres aliments amylacés ne sont pas différentes dans les deux groupes d'écoles mais le nombre moyen de prises journalières est cependant plus élevé pour les enfants qui prennent effectivement une collation dans les EI que pour les enfants des ET.

Pour l'ensemble des aliments amylacés, aucune différence significative n'a été observée entre les enfants des deux groupes d'écoles que cela soit au niveau des fréquences de consommation ou au niveau des nombres moyens de prises journalières.

Tableau IV/1-4b : Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources de protéines animales par les enfants des ET ($n=2201$) et EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2005-2006				Niveau de signification ¹			
	ET	EI	EI (sans collation)	EI (avec collation)	ET vs EI	ET vs EI (avec collation)	EI (avec vs sans collation)	
<i>n</i>	2201	2384	494	1890				
Viande	<i>aucune</i>	49,1	46,5	43,5	47,3	<i>ns</i>	<0,05	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	50,9	53,5	56,5	52,7			
	<i>Dont :1</i>	31,8	32,2	34,0	31,7			
	2	15,0	16,6	16,4	16,7			
	3	3,8	4,3	4,9	4,1			
	≥4	0,3	0,4	1,2	0,2			
Poissons ou crustacés	<i>aucune</i>	64,2	62,7	64,8	62,2	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	35,8	37,3	35,2	37,8			
	<i>Dont :1</i>	28,6	28,4	25,9	29,0			
	≥2	7,2	8,9	9,3	8,8			
Produits laitiers	<i>aucune</i>	91,0	89,6	91,9	89,0	<i>ns</i>	<0,05	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	9,0	10,4	8,1	11,0			
	<i>Dont :1</i>	8,1	9,3	7,3	9,8			
	2	0,9	1,4	0,8	1,2			
Ensemble des aliments sources de protéines animales	<i>aucune</i>	24,0	22,2	21,3	22,4	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	76,0	77,8	78,7	77,6			
	<i>Dont :1</i>	30,6	27,0	27,9	26,7			
	2	26,4	28,1	28,7	27,9			
	3	14,8	16,4	15,2	16,7			
	≥4	4,2	6,4	6,9	6,2			
Moyenne ² ± ET	1,47±1,21	1,62±1,31	1,66±1,39	1,61±1,30	<0,001	<0,01	<i>ns</i>	

¹ Test *t* de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; *ns*= non significatif - ET : Ecoles témoins - EI : Ecoles d'intervention du PAS-Nutrimad

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

Les fréquences de consommation de viande et de poissons ou crustacés, au moins une fois dans la journée, sont semblables dans les deux groupes d'écoles. Celle des produits laitiers est plus élevée chez les enfants des EI qui ont pris une collation que chez ceux des ET (11% vs 9%). La fréquence de consommation, au moins une fois dans la journée, d'aliments sources de protéines animales ne diffère pas entre les deux groupes d'écoles mais le nombre moyen de prises est significativement plus élevé dans les EI que dans les ET (1,62 vs 1,47).

Tableau IV/1-4c : Comparaison des fréquences de consommation des principaux aliments sources de vitamines et minéraux par les enfants des ET ($n=2201$) et EI ($n=1890$) selon qu'ils ont consommé ou non la collation la veille de l'enquête

	2005-2006				Niveau de signification ¹		
	ET	EI	EI (sans collation)	EI (avec collation)	ET vs EI	ET vs EI (avec collation)	EI (avec vs sans collation)
<i>n</i>	2201	2384	494	1890			
Brèdes	<i>aucune</i>	49,1	49,1	50,0	48,9	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	50,9	50,9	50,0	51,1		
	<i>Dont :1</i>	34,2	34,2	32,2	34,8		
	2	14,6	13,4	14,8	13,0		
	3	2,1	3,3	3,0	3,3		
Légumes	<i>aucune</i>	77,9	73,5	73,1	73,5	<0,001	<0,05
	<i>Au moins une</i>	22,1	26,5	26,9	26,5		
	<i>Dont :1</i>	18,1	19,7	19,0	19,9		
	≥ 2	4,0	6,8	8,0	6,6		
Fruits	<i>aucune</i>	42,3	42,5	46,4	41,3	<i>ns</i>	<0,05
	<i>Au moins une</i>	57,7	57,6	56,4	58,6		
	<i>Dont :1</i>	30,0	27,9	26,7	28,2		
	2	17,2	18,8	17,2	19,3		
	≥ 3	10,5	10,8	9,7	11,0		
Ensemble des aliments végétaux sources de vitamines et de minéraux	<i>aucune</i>	15,1	14,0	15,8	13,5	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	<i>Au moins une</i>	84,9	86,0	84,2	86,5		
	<i>Dont :1</i>	27,2	25,8	25,9	25,8		
	2	26,9	27,0	26,5	27,2		
	3	16,3	17,0	17,0	16,9		
≥ 4	14,5	16,2	14,8	16,6			
Moyenne ² ± ET	1,97±1,48	2,08±1,55	2,0±1,54	2,1±1,56	<0,05	<i>ns</i>	<i>ns</i>

¹ Test t de Chi 2 pour les comparaisons de fréquences ; test de Student pour les comparaisons de moyennes ; *ns*= non significatif - ET : Ecoles témoins - EI : Ecoles d'intervention du PAS-Nutrimad

² Nombre de prises alimentaires pour les élèves qui en ont consommé au moins une fois ;

Si les fréquences de prise de brèdes et de fruits ne sont pas différentes entre les deux groupes d'écoles, celle des légumes est plus élevée dans les EI que dans les ET (26% vs 22%). Les fréquences de consommation au moins une fois par jour de l'ensemble des aliments végétaux sources de vitamines et de minéraux ne diffèrent pas entre les deux groupes d'écoles, mais le nombre moyen journalier de prises de ces aliments est, légèrement mais significativement, plus élevé dans les EI que dans les ET (2,08 vs 1,97).

Conclusion

Les enquêtes réalisées ont permis de préciser la structure des repas des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo qui est le plus souvent composée de trois repas principaux et de deux goûters. Le riz, préparé sous différentes formes, est consommé par une grande majorité d'enfants à chacun des repas principaux. Des aliments d'origine animale sont consommés par plus du tiers des enfants à chaque repas. Les fruits et légumes sont consommés, selon le type de repas, par 11% (petit-déjeuner) à 40% des enfants. Au cours des goûters, les aliments consommés le plus fréquemment sont des céréales, des fruits et des beignets. Il est cependant probable que les fréquences de consommation de certains aliments subissent des variations saisonnières en fonction de leur disponibilité.

Cette étude a, par ailleurs, mis en évidence que la prise de collation fortifiée ne modifie pas dans un sens défavorable la structure journalière de l'alimentation des élèves. Une tendance à l'augmentation des fréquences de consommation de différents groupes d'aliments nutritionnellement importants est même observée, notamment pour les aliments principales sources de vitamines et de minéraux. Au delà des apports nutritionnels de la collation, l'effet globalement positif de la mise en œuvre du PAS-Nutrimad sur l'alimentation des élèves est probablement une conséquence de la transmission de messages nutritionnels se traduisant par une prise de conscience de l'importance de l'alimentation.

Références bibliographiques

- Ratsito N. Etude et caractérisation de l'alimentation des enfants d'âge scolaire à Antananarivo: appui à la mise en place de cantines scolaires. Mémoire de DEA de Biochimie. Antananarivo: Université d'Antananarivo, 2004.
- MOST, USAID Micronutrient Program. Enquête sur la Carence en Vitamine. 2004
- FAO. Profil Nutritionnel de Madagascar-Division de l'Alimentation et de la Nutrition. Rome : FAO, 2005.
- Bossard C. Contribution au projet Nutrimad dans la région de l'Androy-Madagascar : mise au point d'aliments de complément fortifiés et propositions d'amélioration du dispositif des cantines scolaires du Programme Alimentaire Mondial. Master professionnel Biologie Santé. *Spécialité Nutrition, Aliment en santé publique*. Montpellier : Université de Montpellier I-II, 2006.
- Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad School Feeding Program: Impact on failure rate and nutritional status of schoolchildren in Madagascar. *Sight and Life Newsletter* 2006,N°2: 4-9.
- Whaley SE, Sigman M, Neumann C, Bwibo N, Guthrie D, Weiss RE *et al*. Impact of dietary intervention on the cognitive development of Kenyan school children. *J Nutr* 2003,133:3965S-3971S.
- Ahmed AU, Ninno C. The food for education programme in Bangladesh: an evaluation of its impacts on educational attainment and food security. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2002; 138p.
- Musamali B. Impact of school lunch programmes on nutritional status of children in Vihiga district, Western Kenya. *AJFAND* 2007,Vol 7;N°6.
- Meme MM, Kogi-Makau W, Muroki M, Mwadime RK. Energy and protein intake and nutritional status of primary school children 5 to 10 years of age in schools with and without feeding programmes in Nyambene district, Kenya. *Food Nutr Bull* 1998,Vol 19;N°4.

Chapitre 2

Efficacité de la distribution d'une collation fortifiée pour réduire les déficits nutritionnels de l'alimentation des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo

Voir ci-après :

- Copie de l'Article accepté le 19 juin 2008 par le Bulletin de l'Académie Malgache, section Sciences fondamentales et enregistré dans :

Ramaherisoa M, Ralison C, Trèche S. Efficacité de la distribution d'une collation fortifiée pour réduire les déficits nutritionnels de l'alimentation des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo. *Bulletin d'Information de l'Académie*, N°64 ;Avril-Juillet 2008 [ISSN 1728-5429]

- Copie du résumé de l'affiche présentée à «*International Congress of Nutrition*», 4 au 9 octobre 2009, Bangkok, Thaïlande et publié dans :

Bruyeron O, Ralison C, Ramaherisoa M, Trèche S. Nutrient dense porridges to control nutritional deficiencies in schoolchildren: a study in underprivileged districts of Antananarivo. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 2009, 55(suppl 1): 432 (**abstract**).

et de l'affiche.

Efficacité de la distribution d'une collation fortifiée pour réduire les déficits nutritionnels de l'alimentation des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo

Menjaharimisa RAMAHERISOA^{1,2,3}, Charlotte RALISON¹, Serge TRECHE²

¹LABASAN, Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition de l'Université d'Antananarivo

²UR106 «Nutrition, Alimentation, Sociétés», IRD (Institut de Recherche pour le Développement)

³GRET, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques

Résumé

Objectifs: Confirmer l'importance des déficits nutritionnels des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo et vérifier l'efficacité d'une collation fortifiée distribuée dans le cadre d'un Programme d'Alimentation Scolaire (PAS-Nutrimad) à couvrir ces déficits.

Méthodologie: Une enquête de consommation alimentaire par rappel des 24H a été réalisée auprès de 345 élèves âgés de 6 à 11 ans issus de 8 écoles primaires publiques différentes de la communauté urbaine d'Antananarivo. Parmi ces élèves 145 n'avaient pas (Groupe 1), et 200 élèves (Groupe 2) avaient, consommé la collation la veille de l'enquête. Le «Rappel des 24H» a permis de décrire qualitativement et quantitativement les différents composants de plat pris par l'enfant entre son réveil la veille et son réveil le matin de l'enquête. Les quantités ingérées ont été traduites en énergie et en quantité de nutriments à partir d'une compilation de tables de composition des aliments. Les ingérés journaliers totaux en énergie et en nutriments des enfants ont été comparés aux apports journaliers recommandés (AJR) correspondant. Par ailleurs, les facteurs liés à l'enfant, à sa famille et à ses conditions de scolarisation et susceptibles d'influer sur les ingérés des enfants ont été identifiés en comparant les ingérés correspondant aux différents niveaux de ces facteurs. Les ingérés en énergie et en nutriments des enfants des 2 groupes ont été comparés par analyse de variance (ANOVA) en tenant compte des facteurs de confusion influant sur la comparabilité des deux groupes.

Résultats: Les principaux facteurs identifiés comme influant sur les ingérés des enfants à partir de leur alimentation habituelle sont leur sexe, leur âge, leur niveau scolaire ainsi que le niveau économique de leurs familles. L'alimentation habituelle ne couvre en moyenne que 68% des besoins énergétiques, moins de 60% des AJR pour la vitamine A, le fer et le zinc et moins de 50% des AJR pour le calcium et pour les vitamines B1 et B2. En revanche, elle permet de couvrir en moyenne l'apport protéique de sécurité et les AJR en vitamine C.

La consommation de la collation ne diminue pas les ingérés à partir de l'alimentation habituelle et se traduit par une augmentation significative ($p < 0,001$) des ingérés énergétiques moyens (de 1299 à 1610 kcal/j), des ingérés en lipides (de 16,8 à 26,9 g/j) ainsi que de ceux en micronutriments: de 299 à 1047 mg/j pour le calcium, de 9,8 à 22,8 mg/j pour le fer, de 6,7 à 22,1 mg/j pour le zinc, de 318 à 801 µgER/j pour la vitamine A, de 394 à 891 µg/j pour la vitamine B1 et de 389 à 915 µg/j pour la vitamine B2.

Conclusion: L'alimentation habituelle des élèves des écoles primaires d'Antananarivo ne leur permet pas de couvrir leurs apports recommandés en énergie et en micronutriments. La consommation d'une collation distribuée à la récréation sous forme de bouillies fortifiées de haute densité énergétique permet aux élèves de réduire très sensiblement leurs déficits énergétiques moyens et, à la grande majorité d'entre eux, de couvrir leurs AJR en micronutriments.

Mots-clés: Besoins énergétiques – Apports journaliers recommandés – micronutriments - Rappel de 24 heures - Programme d'Alimentation Scolaire

Introduction

Il est généralement reconnu que la qualité du régime alimentaire des enfants scolarisés exerce une influence sur leurs performances cognitives et leurs résultats scolaires. Au Kenya, [Whaley et al \(2003\)](#) ont démontré l'effet favorable d'apports alimentaires d'origine animale sur les performances cognitives des enfants. Concernant les performances scolaires, une synthèse d'études réalisée par [Levinger \(1994\)](#) a mis en évidence que les enfants souffrant de dénutrition ont souvent des performances inférieures à celles d'enfants ayant un état nutritionnel satisfaisant. Une étude réalisée au Chili sur 550 élèves a mis en évidence une corrélation significativement positive entre les niveaux d'ingérés en énergie, protéines, vitamine B2, acide ascorbique, vitamine A et calcium et les performances scolaires ([Ivanovic et al, 1991](#)). Par ailleurs [Kim, Kim & Keen \(2005\)](#) ont rapporté que, en Corée, les enfants vivant en milieu urbain dans des familles ayant un niveau économique plus élevé et qui bénéficient d'un meilleur régime alimentaire ont de meilleures performances scolaires que ceux habitant en milieu rural qui ont des ingérés en énergie, en fer et en niacine inférieurs aux recommandations.

Suite à ces constatations, des Programmes d'Alimentation Scolaire (PAS) ont été élaborés dans différents pays. Différentes études d'évaluation se sont attachées à étudier l'impact de ces PAS. Deux études menées en Jamaïque ont mis en évidence que la distribution d'un petit-déjeuner à l'école permet aux enfants, particulièrement aux enfants dénutris, d'améliorer leurs capacités cognitives ([Grantham-McGregor, Chang & Walker, 1998](#)). D'après [Bennett \(2003\)](#), au Burkina Faso et au Togo, les élèves des écoles disposant de cantines ont des performances cognitives plus élevées que ceux des écoles sans cantine même en tenant compte des effets des facteurs individuels et environnementaux différenciant les élèves de deux groupes d'école. Dans d'autres pays comme le Maroc, le Burkina Faso, l'Indonésie ou le Honduras, la présence de cantines scolaires au sein des écoles a permis d'améliorer le taux de fréquentation scolaire et le succès des enfants aux examens ([Child Health Unit, 1997](#)).

A Madagascar, les données relatives à l'alimentation et à l'état nutritionnel des enfants d'âge scolaire sont rares. Une enquête réalisée en 2001 au niveau national auprès des enfants de 6 à 14 ans a mis en évidence leur faible consommation de fruits et légumes et la faible biodisponibilité des apports en fer à partir de leur régime alimentaire ([MOST, 2004](#)). Une enquête préliminaire de consommation alimentaire par pesée réalisée en 2003 dans le cadre du programme Nutrimad sur un faible effectif d'enfants de 7 à 10 ans des écoles primaires publiques (EPP) d'Antananarivo a permis d'estimer que 80% d'entre eux consommaient moins de 50% des apports journalier recommandés en fer (AJR) et que les deux tiers ingéraient moins de 50% des AJR en vitamine A ([Ratsito, 2004](#)).

Suite à ces constatations, le programme Nutrimad, mené par le GRET, le LABASAN et l'IRD, a mis en place en 2004 un Programme d'Alimentation Scolaire (PAS-Nutrimad) dans 15 EPP de quartiers défavorisés d'Antananarivo. Ses principaux objectifs sont l'amélioration des capacités d'apprentissage des élèves et de leurs résultats scolaires par réduction de la faim immédiate et l'amélioration de leur état nutritionnel. Il repose sur la mise en vente à un prix subventionné pendant les récréations d'une collation consistant en une bouillie de haute densité énergétique et fortifiée en micronutriments. La ration servie (*350 ml de bouillie préparée à partir de 110g de farine*) a été conçue pour couvrir 18% des besoins énergétiques journaliers des garçons de 10 ans (avec 20% de l'apport énergétique sous forme de lipides), au moins 25% de leur apport protéique de sécurité et de leurs besoins en acides aminés et en acides gras essentiels, 75% de leurs AJR en vitamine A, fer et zinc, 60% de leur AJR en calcium et 40% de leurs AJR dans les autres minéraux (*magnésium, sodium, potassium, cuivre, chlore, phosphore, iode, manganèse, sélénium*) et vitamines (*vitamine C, vitamine D,*

riboflavine, thiamine, vitamine B6, nicotinamide, vitamine B12, acide folique, acide pantothenique, vitamine E, vitamine K1).

L'étude dont les résultats sont présentés ici a été entreprise, d'une part, pour confirmer l'ampleur des déficits nutritionnels estimés en 2003 et en rechercher les principaux facteurs déterminants et, d'autre part, vérifier l'efficacité de la collation proposée dans le cadre du PAS-Nutrimad à couvrir ces déficits.

Méthodologie

L'étude a été réalisée de début mai à mi juin 2005 dans 8 des 15 écoles primaires publiques (EPP) de quartiers défavorisés désignées comme prioritaires au programme Nutrimad par les responsables de la circonscription scolaire de la commune urbaine d'Antananarivo pour y mettre en œuvre les activités du PAS-Nutrimad.

1. Sujets

L'échantillon initial prévu était de 480 enfants: 12 enfants par niveau scolaire dans chacune des 8 écoles avec la moitié (6) des enfants provenant de classes ayant cours le matin et l'autre moitié provenant de classes ayant cours l'après midi. Les 6 enfants par niveau scolaire et par horaire de cours étaient tirés au sort pour moitié (3) parmi les enfants éligibles ayant consommé la collation la veille (Groupe G1) et pour moitié (3) parmi ceux qui ne l'avaient pas consommée (Groupe G2). Les critères d'éligibilité étaient d'avoir au plus une année de retard scolaire et ne pas avoir été malade la veille de l'enquête. En définitive, l'enquête n'a pu être réalisée sur 12 enfants par niveau scolaire que dans 6 des 8 écoles. Dans les deux autres écoles, elle a été réalisée sur 6 enfants par niveau scolaire en raison de retard pris et du départ en congés des enfants. Au total, 420 enfants ont donc été enquêtés.

2. Collecte des informations relatives aux caractéristiques socio-économiques des familles, aux modalités de scolarisation et à l'état nutritionnel des enfants

Les caractéristiques des enfants (sexe, âge, poids et taille) ont été tirées de la base de données créée pour évaluer le niveau d'adhésion, les performances scolaires et l'état nutritionnel de l'ensemble des enfants des 15 écoles dans lesquelles le PAS-Nutrimad a été mis en œuvre pendant l'année scolaire 2004-2005.

Les caractéristiques des familles (*niveau d'éducation des parents, biens possédés, équipement de la maison, nombre d'enfants à charge, quantité d'argent de poche donnée chaque jour à l'enfant*) ont été obtenues à partir d'un questionnaire distribué aux parents en cours d'année. Un indice de niveau d'éducation des parents a été défini pour chaque élève à partir du niveau d'étude atteint par les deux parents. Un indice de biens possédés, censé estimer le niveau économique des familles, a été défini à partir d'informations recueillies sur le raccordement ou non de l'habitation de la famille au réseau électrique et sur la possession ou non de 4 biens (*télévision, radio, table et mobilier de salon*) sélectionnés comme étant les plus discriminants pour les ménages tananariviens à partir de résultats d'enquêtes antérieures.

Les modalités de scolarisation concernent, d'une part, le niveau scolaire (classe de CP1, CP2, CE, CM1 ou CM2) et la période de la journée à laquelle l'enfant a eu cours la veille de l'enquête et, d'autre part, l'appartenance de l'école fréquentée par l'enfant à des catégories définies dans une typologie élaborée dans le cadre du PAS-Nutrimad. Cette typologie a été réalisée à partir d'observations sur la taille et les infrastructures de chaque école, d'estimations des caractéristiques socio-économiques moyennes des enfants fréquentant chacune des écoles, d'informations recueillies sur le niveau d'expérience du directeur et des

instituteurs de chaque école et des taux de réussite des enfants de chacune des écoles les années précédentes. Dans cette typologie, les 8 écoles dans lesquelles l'étude a été réalisée se répartissent en une première catégorie se caractérisant principalement par rapport aux écoles de l'autre catégorie par un niveau d'éducation des familles des élèves plus élevé, une meilleure formation des instituteurs, un taux de réussite moyen des élèves plus élevé et en une seconde catégorie caractérisée par un nombre plus élevé d'enfants par classe, une moins bonne formation des instituteurs et un niveau économique moyen des familles plus faible.

Qu'elles correspondent à des informations ou des observations brutes ou qu'elles aient été synthétisées dans des indices, toutes les données relatives aux caractéristiques socio-économiques des familles et aux modalités de scolarisation des enfants ont été résumées dans des variables qualitatives après définition, lorsque cela était nécessaire de valeurs seuils permettant de regrouper les enfants en 2 ou 3 catégories (*sauf pour le niveau scolaire pour lequel les 5 niveaux ont été conservés*).

L'évaluation de l'état nutritionnel des enfants a été réalisée à partir de mesures anthropométriques réalisées au plus tard un mois après que les enfants aient été soumis au rappel de 24 heures. Les pesées ont été réalisées sur des pèse-personnes digitaux (*marque Tefal; précision 100 g*); les enfants étaient pesés autant de fois que nécessaire pour obtenir trois fois la même valeur. Les enfants ont été mesurés au mm près à l'aide d'une toise en position debout; les mesures étaient répétées jusqu'à l'obtention de trois mesures ne différant pas plus de 3 mm dont on prenait ensuite la moyenne. Conformément aux recommandations de l'OMS (1983), les Z-scores des indices Poids/Taille (*maigreur, uniquement pour les enfants de moins de 10 ans*), Taille/âge (*retard de croissance*) et Poids/âge (*insuffisance pondérale*) ont été calculés pour chaque enfant, en utilisant le module Epinut du logiciel Epi-info 6.04, par rapport aux références NCHS (Hamill et al, 1977; NCHS, 1977). Les prévalences de malnutrition ont été exprimées en prenant comme seuil -2ET pour la malnutrition modérée et -3ET pour la malnutrition sévère.

3. Enquête de consommation alimentaire par rappel des 24H

La consommation alimentaire des élèves a été estimée en utilisant la méthode du «Rappel des 24 heures». C'est une méthode rétrospective par entretien qui consiste à décrire qualitativement et quantitativement tous les aliments et boissons consommés par l'enfant depuis son réveil la veille de l'enquête à son réveil le jour de l'enquête (Dop et al, 2003; Swindale & Ori-Vachaspati, 2004). Tous les entretiens ont été réalisés du mardi au vendredi afin que les informations recueillies portent sur une journée de classe.

Au moyen d'un questionnaire, il était demandé à l'enfant et à la personne qui avait préparé son repas la veille de préciser dans l'ordre chronologique et pour chaque prise alimentaire: l'heure de consommation, la nature des composants de plats consommés, la nature et les quantités des ingrédients entrant dans la composition de chaque composant de plat ainsi que les quantités ingérées de chaque composant de plat. Un composant de plat était défini comme un aliment ou un ensemble d'aliments ayant subi un mode de préparation commun. Les quantités d'ingrédients entrant dans la préparation d'un composant de plat et les quantités de composant de plat consommées étaient exprimées en unités ménagères, ou fraction d'unités ménagères (*louche, cuillère à soupe, tasse,...*) ou en valeur d'achat. Les unités ménagères étaient converties en masse d'aliments après mesure de leurs volumes (*par pesée du volume d'eau qu'elles étaient susceptibles de contenir*) et des densités des ingrédients ou aliments pris en compte. La correspondance entre les quantités d'aliments achetés et leur valeur d'achat a été établie en pesant sur les lieux habituels d'achat, les unités de vente et en se renseignant sur leur prix. Les pesées permettant d'estimer les volumes des unités ménagères,

les densités des ingrédients ou aliments consommés et la masse des unités de vente ont été réalisées avec des balances de ménage de marque Tefal, de portée 5kg et de précision 0,1g.

Quatre enquêtrices ont été spécialement formées. Une pré enquête a été réalisée pour valider le questionnaire et tester la faisabilité de l'enquête. Pendant toute la durée de l'enquête, un superviseur a vérifié la justesse des balances tous les matins et le remplissage des questionnaires remplis dans la journée chaque soir.

Pour une centaine de composants de plat dont il était difficile d'estimer la teneur en matière sèche à partir de la description de leur mode de préparation, en particulier des plats d'accompagnement (*laoka*) au riz, il a été demandé aux familles d'en reproduire la préparation afin de mesurer par pesée les quantités d'ingrédients utilisées et de faire des prélèvements sur le composant de plat en vue d'en déterminer la teneur en matière sèche. Cette détermination a été réalisée par dessiccation en étuve à la température de 104°C jusqu'à poids constant (AFNOR, 1993).

L'estimation des quantités d'énergie et de nutriments ingérés par les enfants à partir de l'ensemble des composants de plat ingérés la veille des entretiens a été réalisée en utilisant une compilation de table de composition en cours de réalisation par l'IRD et le Labasan.

4. Traitement des données

Les pourcentages de couverture des besoins nutritionnels des enfants ont été estimés en ramenant les estimations des ingérés journaliers totaux en énergie et en nutriments des enfants à leurs apports recommandés (Torun et al, 1996; FAO/WHO, 2002).

Le traitement statistique des données a été réalisé avec le logiciel Statgraphics Plus, version 5.1. Les caractéristiques et les ingérés en énergie et nutriments à partir de l'alimentation familiale des enfants ayant consommé la collation la veille du rappel des 24H ont été comparés à ceux des enfants ne l'ayant pas consommé par le test du Chi-2. Les effets de la prise de collation la veille et de différents facteurs correspondant à certaines caractéristiques des enfants sur leurs ingérés en énergie et en nutriments ainsi que sur les taux de couverture de leurs besoins nutritionnels ont été étudiés en comparant les moyennes obtenues pour les différentes modalités de chaque facteur (*test de Student pour les facteurs a deux modalités, test F de Fisher pour ceux en possédant plus de 2*).

Ces mêmes effets ont été testés par analyse de covariance de façon à comparer les moyennes obtenues pour les différentes modalités de chaque facteur après ajustement permettant d'éliminer la part de variabilité liée à l'influence d'autres facteurs (*Test F des moyennes ajustées*) (Snedecor & Cochran, 1971).

5. Considérations éthiques

Ce protocole n'implique aucune contrainte alimentaire aux enfants qui étaient libres ou non de consommer la collation proposée. Le consentement éclairé des mères a été demandé avant de leur administrer les différents questionnaires utilisés. Néanmoins le protocole a été soumis au comité de pilotage du PAS-Nutrimad, constitué de la commune urbaine d'Antananarivo (CUA), de la circonscription scolaire de la CUA, des représentants des écoles d'intervention (directeurs d'école, comité de gestion) et du Ministère de la Santé et du Planning familial et a obtenu son accord avant d'être mis en œuvre.

Résultats

1. Caractéristiques de l'échantillon

Les données relatives à 75 enfants sur 420 ont été exclues du traitement en raison de manque d'information et/ou d'aberrations observées au niveau de leur consommation. L'échantillon final est donc de 345 enfants qui se répartissent en un groupe de 145 enfants (G1) qui n'avaient pas consommé la collation du PAS-Nutrimad la veille de l'enquête et un groupe de 200 autres (G2) qui l'avaient consommé. Les caractéristiques des enfants des deux groupes sont décrites dans le tableau IV/2-1.

Tableau IV/2-1: Comparaison des caractéristiques des enfants, de leurs familles et de leurs modalités de scolarisation selon qu'ils ont consommé ou non la collation PAS la veille de l'enquête (*répartition en % des enfants des deux groupes selon les modalités définies pour les différentes variables*)

		Ensemble (n=345)	Consommation de bouillie la veille		Niveau de signification
			Non (n=145)	Oui (n=200)	
Caractéristiques des familles					
Niveau d'éducation des parents	<i>Faible</i>	53,3	57,2	50,5	ns
	<i>Moyen ou élevé</i>	46,7	42,8	49,5	
Indice de biens possédés	<i>Faible</i>	30,8	26,5	33,7	ns
	<i>Moyen</i>	36,7	37,1	36,3	
	<i>Elevé</i>	32,6	36,4	30,0	
Nombre d'enfants à charge	<i>1 ou 2</i>	25,5	31,0	21,6	ns
	<i>3 ou 4</i>	52,8	50,8	54,2	
	<i>> 4</i>	21,7	18,2	24,2	
Quantité d'argent de poche donnée l'enfant	<i>< 50 Ar</i>	27,0	31,8	22,1	ns
	<i>50 Ar</i>	41,6	37,9	44,2	
	<i>> 50 Ar</i>	32,3	30,3	33,7	
Caractéristiques des enfants					
Sexe	<i>Garçon</i>	44,4	42,1	46,0	ns
	<i>Fille</i>	55,7	57,9	54,0	
Âge	<i>6-7 ans</i>	43,2	46,9	40,5	ns
	<i>8-9 ans</i>	29,0	24,1	32,5	
	<i>10-11 ans</i>	27,8	29,0	27,0	
Etat nutritionnel	<i>Taille/âge<-2ET</i>	36,3	35,6	36,8	ns
	<i>Poids/âge<-2ET</i>	22,2	21,5	22,7	ns
Modalités de scolarisation					
Catégories des écoles telles que définies par le PAS	<i>+ favorisée</i>	59,7	57,9	61,0	ns
	<i>- favorisée</i>	40,3	42,1	39,0	
Période de fréquentation de l'école	<i>Matin</i>	47,8	50,3	46,0	ns
	<i>Après midi</i>	52,2	49,7	54,0	
Niveau scolaire	<i>CP1</i>	21,7	23,5	20,5	p<0,05
	<i>CP2</i>	16,2	17,2	15,5	
	<i>CE</i>	16,8	9,7	22,0	
	<i>CM1</i>	21,5	25,5	18,5	
	<i>CM2</i>	23,8	24,1	23,5	

Test de Chi-2 - ns: non significatif, -

La seule caractéristique qui diffère ($p=0,04$) entre le groupe d'enfants ayant pris la collation la veille et le groupe de ceux qui ne l'ont pas pris est le niveau scolaire. Les enfants ayant pris la collation la veille sont proportionnellement plus nombreux en CM1 et moins nombreux en CE que les enfants ne l'ayant pas pris.

Si on considère les caractéristiques de l'ensemble des enfants, on constate qu'un quart des familles comprennent 1 ou 2 enfants et la moitié 3 ou 4. Plus d'un quart des enfants reçoivent quotidiennement moins de 50 Ar d'argent de poche tandis qu'environ un tiers reçoive plus de 50 Ar. Parmi l'ensemble des enfants retenus, il y a un peu plus de filles (56%) que de garçons (44%) et proportionnellement plus d'enfants âgés de 6 ou 7 ans (43%) que d'enfants de 8 ou 9 ans (29%) ou de 10 ou 11 ans (28%). Respectivement 36% et 22% des enfants sont retardés en taille et en insuffisance pondérale, mais les prévalences de maigreur chez les 251 enfants de moins de 10 ans sont très faibles (1,2%).

2. Identification des facteurs influant les ingérés à partir de l'alimentation familiale

Le niveau de signification des effets des différents facteurs pouvant influencer sur les ingérés des enfants à partir de leur alimentation familiale, c'est-à-dire sans tenir compte des ingérés à partir de la collation pour ceux qui en avaient consommé une la veille de l'enquête, sont résumés dans le tableau IV/2-2. On constate (*Tableaux IV/2-2 et IV2-3*) que:

- les filles présentent des ingérés supérieurs à ceux des garçons en terme d'énergie, de calcium, de fer, de vitamine C et de vitamine B2;
- les enfants âgés de 10-11 ans présentent des ingérés en énergie, en protéines, en zinc, en vitamine A plus élevés que ceux de 6-7 ans;
- les enfants issus de famille à indice de biens possédés élevé ont des ingérés en énergie, en lipides, en vitamine B1 et en vitamine B2 plus importants que ceux issus de familles ayant un indice de biens possédés moyen ou faible;
- les enfants qui reçoivent plus de 50 Ariary d'argent de poche par jour ont des ingérés énergétiques plus élevés que ceux qui ne reçoivent que 50 Ariary ou moins de 50 Ariary;
- les enfants de CM2 (*niveau le plus élevé*) ont des ingérés en énergie, en protéines, en lipides, en zinc, en vitamine A et en vitamine B2 plus élevés que les autres

Tableau IV/2-2: Niveau de signification des effets des facteurs liés aux enfants et à leur famille et aux modalités de scolarisation sur les ingérés en énergie et en nutriments à partir de l'alimentation familiale.

	Energie	Protéines brutes	lipides	calcium	fer	zinc	Vit A	Vit C	Vit B1	Vit B2
Caractéristiques des enfants										
Sexe	p<0,05	ns	ns	p<0,05	p<0,01	ns	ns	p<0,05	ns	p<0,05
Âge	p<0,001	p<0,05	ns	ns	ns	p<0,05	p<0,05	ns	ns	ns
Caractéristiques des familles										
Niveau d'éducation des parents	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Indice de biens possédés	p<0,01	ns	p<0,01	ns	ns	ns	ns	ns	p<0,05	p<0,05
Nombre d'enfants à charge	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Argent de poche donné à l'enfant	p<0,05	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Modalités de scolarisation										
Niveau d'équipement de l'école	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Moment de fréquentation la veille	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Niveau scolaire	p<0,001	p<0,05	p<0,05	ns	ns	p<0,001	p<0,05	ns	ns	p<0,01

N=345 - ns: non significatif

Tableau IV/2-3: Influence du sexe et de l'âge des enfants, du niveau économique de leur famille, de la quantité d'argent de poche qui leur est donnée et de leur niveau scolaire sur leurs ingérés à partir de l'alimentation familiale

	Energie	Protéines brutes	Lipides	calcium	fer	zinc	Vitamine A	Vitamine C	Vitamine B1	Vitamine B2
Sexe										
<i>Garçon (n=153)</i>	1194 ^b			215 ^b	7,5 ^b			49 ^b		334 ^b
<i>Fille (n=192)</i>	1270 ^a			304 ^a	10,0 ^a			63 ^a		384 ^a
Age										
<i>6-7 ans (n=149)</i>	1174 ^b	32,8 ^a				4,9 ^a	268 ^a			
<i>8-9 ans (n=100)</i>	1235 ^b	35,6 ^{ab}				6,5 ^{ab}	348 ^{ab}			
<i>10-11 ans (n=96)</i>	1335 ^a	39,0 ^b				8,9 ^b	373 ^b			
Indice de biens possédés										
<i>Faible (n=99)</i>	1191 ^a		14,4 ^a						344 ^a	32 ^b
<i>Moyen (n=118)</i>	1207 ^a		15,7 ^a						353 ^a	349 ^b
<i>Elevé (n=105)</i>	1314 ^b		19,6 ^b						409 ^b	403 ^a
Quantité d'argent de poche donnée l'enfant										
<i>< 50 Ar (n=84)</i>	1211 ^a									
<i>50 Ar (n=134)</i>	1202 ^{ab}									
<i>> 50 Ar (n=104)</i>	1302 ^b									
Niveau scolaire										
<i>CP1 (n=82)</i>	1139 ^b	31,5 ^a	15,9 ^b			5,5 ^b	270 ^c			353 ^b
<i>CP2 (n=74)</i>	1224 ^b	34,8 ^{ab}	15,4 ^b			4,2 ^b	248 ^{bc}			339 ^b
<i>CE (n=58)</i>	1216 ^b	34,6 ^b	15,1 ^b			6,2 ^b	347 ^{abc}			327 ^b
<i>CM1 (n=56)</i>	1240 ^b	34,8 ^b	15,4 ^b			5,2 ^b	401 ^{ab}			344 ^b
<i>CM2 (n=75)</i>	1367 ^a	41,0 ^b	20,7 ^a			11,0 ^a	367 ^a			434 ^a

Analyse de variance: dans une même colonne et pour un même facteur, les moyennes non suivies d'une lettre commune sont statistiquement différentes au niveau 5%

3. Effets de la prise de collation sur les ingérés

Les effets de la prise de collation sur les ingérés moyens en énergie et en nutriments des enfants des 2 groupes sont présentés dans le tableau IV/2-4 avant et après ajustement tenant compte de l'effet des facteurs pouvant influencer sur les ingérés.

Si on ne tient pas compte des apports de la collation, il n'y a pas de différence significative entre les ingérés moyens bruts en énergie et en nutriments des enfants qui l'ont consommé et ceux qui ne l'ont pas consommé, sauf pour la vitamine B2 (389 μ g vs 341 μ g, $p < 0,05$). En moyenne, les ingérés en énergie, en protéines brutes et en lipides sont, respectivement, de 1240 kcal, de 35,6 g et de 16,7 g. Par ailleurs, les ingérés moyens en micronutriments sont de 270 mg pour le calcium, 9,0 mg pour le fer, 6,5 mg pour le zinc, 320 μ g d'équivalent rétinol pour la vitamine A, 57 mg pour la vitamine C et 373 μ g pour la vitamine B1.

Si on tient compte de l'apport de la collation, une amélioration hautement significative ($p < 0,001$) des ingérés est observée sauf pour la vitamine C pour laquelle les ingérés sont, respectivement, de 70,0 mg et 62,3 mg pour ceux qui ont consommé la collation et ceux qui ne l'ont pas consommé. Les ingérés en énergie passent de 1269 à 1605 kcal (+26%), ceux en protéines brutes de 37,0 g à 43,9g (+18%) et ceux en lipides de 16,8g à 26,9g (+37%). En ce qui concerne les micronutriments, les ingérés augmentent de 299 à 1047 mg (+250%) pour le calcium, de 9,8 à 22,8 mg (+133%) pour le fer, de 6,7 à 22,1 mg (+230%) pour le zinc, de 318 à 801 μ gER (+152%) pour la vitamine A, de 394 à 891 μ g (+126%) pour la vitamine B1 et 389 à 915 μ g (+135%) pour la vitamine B2.

Après ajustement de ces ingérés moyens tenant compte des facteurs de confusion susceptibles d'affecter la comparabilité des deux groupes d'enfants, les différences observées entre les deux groupes au niveau des ingérés à partir de l'alimentation familiale restent non significatives tandis que ceux à partir de l'ensemble des ingérés restent hautement significatives (sauf pour la vitamine C).

Tableau IV/2-4: Ingrédients moyens en énergie et en nutriments des enfants ayant consommé ou non la collation la veille de l'enquête (*moyennes brutes ± ET et moyennes ajustées en tenant compte des facteurs de confusion susceptibles d'affecter la comparabilité des deux groupes*)

		Ingré des enfants n'ayant pas consommé de collation (a) (n=145)	Enfants ayant consommé la collation (n=200)		Niveau de signification*	
			Ingré hors collation (b)	Ingré avec collation (c)	Entre (a) et (b)	Entre (a) et (c)
Energie (kcal)	<i>Brutes</i>	1269±326	1212±307	1605±307	ns	p<0,001
	<i>Ajustées¹</i>	1269	1218	1610	ns	p<0,001
Protéines brutes (g)	<i>Brutes</i>	37,0±20,2	34,2±17,5	43,9±17,5	ns	p<0,001
	<i>Ajustées²</i>	36,8	34,1	43,8	ns	p<0,001
Lipides (g)	<i>Brutes</i>	16,8±11,7	16,7±11,4	26,9±11,4	ns	p<0,001
	<i>Ajustées³</i>	16,3	16,2	26,4	ns	p<0,001
Calcium (mg)	<i>Brutes</i>	299±423	239±363	1047±363	ns	p<0,001
	<i>Ajustées⁴</i>	287	235	1043	ns	p<0,001
Fer (mg)	<i>Brutes</i>	9,8±8,1	8,2±7,1	22,8±7,1	ns	p<0,001
	<i>Ajustées⁵</i>	9,1	8,3	23,0	ns	p<0,001
Zinc (mg)	<i>Brutes</i>	6,7±10,6	6,3±10,0	22,1±10,0	ns	p<0,001
	<i>Ajustées⁶</i>	6,9	5,8	21,6	ns	p<0,001
Vitamine A (µgER)	<i>Brutes</i>	318±326	324±350	801±350	ns	p<0,001
	<i>Ajustées⁷</i>	309	317	793	ns	p<0,001
Vitamine C (mg)	<i>Brutes</i>	62,3±69,0	52,5±51,2	70,0±51,2	ns	ns
	<i>Ajustées⁸</i>	62,5	53,6	71,1	ns	ns
Vitamine B1 (µg)	<i>Brutes</i>	394±211	352±180	891±180	ns	p<0,001
	<i>Ajustées⁹</i>	383	354	893	ns	p<0,001
Vitamine B2 (µg)	<i>Brutes</i>	389±219	341±174	915±174	p<0,05	p<0,001
	<i>Ajustées¹⁰</i>	373	343	916	ns	p<0,001

*Test t de Student pour les moyennes brutes; analyse de covariance avec calcul du F de Fischer pour les moyennes ajustées.
ns: non significatif

Variables d'ajustement:

1. niveau d'éducation des parents, indice de biens possédés, sexe de l'enfant, niveau scolaire, quantité d'argent de poche donnée à l'enfant (n=322)
2. niveau d'éducation des parents, niveau scolaire, période de fréquentation de l'école (n=345)
3. indice de biens possédés, sexe de l'enfant, niveau scolaire, catégorie des écoles (n=322)
4. niveau d'éducation des parents, sexe de l'enfant (n=345)
5. nombre d'enfants à charges, sexe de l'enfant (n=322)
6. quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, niveau scolaire (n=322)
7. indice de biens possédés, nombre d'enfants à charge (n=322)
8. sexe de l'enfant, catégorie des écoles (n=345)
9. niveau d'éducation des parents, indice de biens possédés, sexe de l'enfant (n=322)
10. niveau d'éducation des parents, indice de biens possédés, sexe de l'enfant, niveau scolaire, période de fréquentation de l'école (n=322)

4. Couverture des besoins nutritionnels

Les niveaux moyens de couverture des besoins des enfants, obtenus en ramenant pour chaque enfant leurs ingérés en énergie et en nutriments à leurs apports recommandés, sont représentés sur la figure IV/2-1.

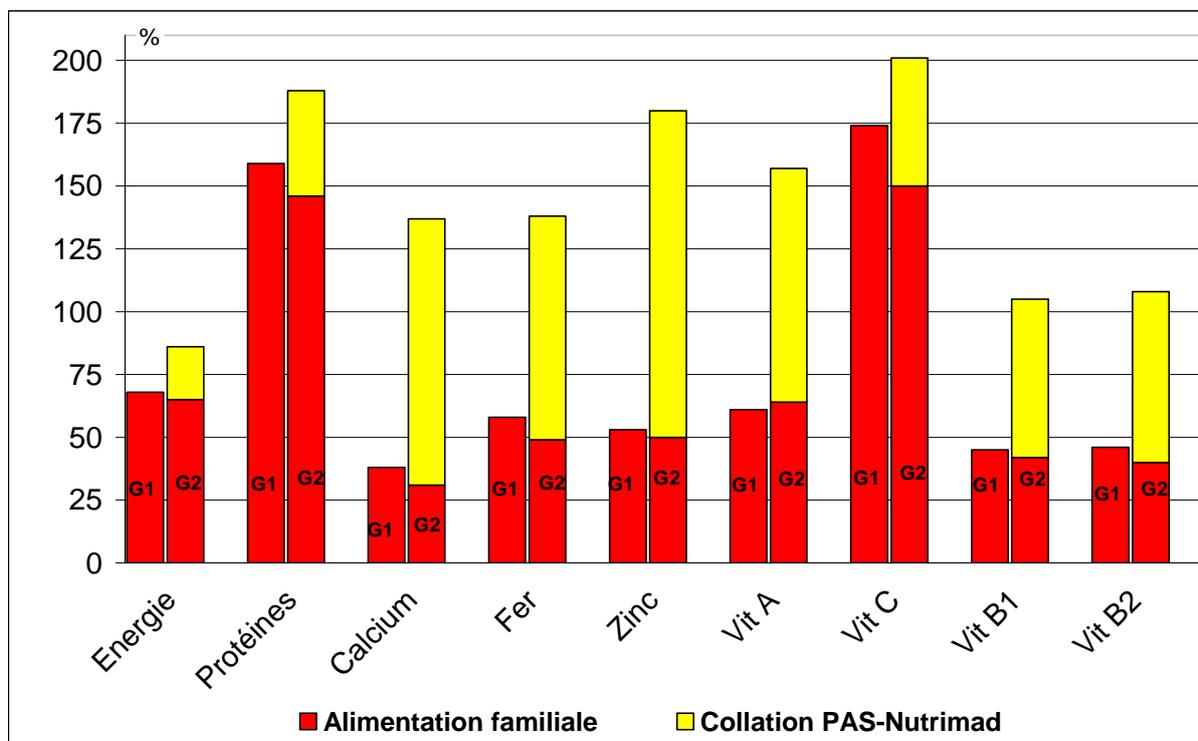


Figure IV/2-1: Comparaison des niveaux moyens de couverture des apports journaliers recommandés des enfants selon qu'ils ont consommé (G2) ou non (G1) la collation le veille de l'enquête.

Comme le laissait présager l'absence de différence significative au niveau des ingérés à partir de l'alimentation familiale entre les enfants des deux groupes, les niveaux de couverture des apports journaliers recommandés à partir de l'alimentation familiale ne sont pas significativement différents selon que l'enfant a consommé ou non la collation. L'alimentation familiale ne permet d'atteindre les AJR que pour les protéines ($\approx 153\%$) et la vitamine C ($\approx 162\%$). Elle ne permet de couvrir en moyenne que les deux tiers ($\approx 67\%$) des besoins énergétiques, un peu plus de la moitié des AJR en fer ($\approx 53\%$), en zinc ($\approx 52\%$), en vitamine A ($\approx 62\%$), un peu moins de la moitié des AJR en vitamine B1 ($\approx 43\%$) et en vitamine B2 ($\approx 43\%$) et seulement un tiers ($\approx 34\%$) des AJR en calcium.

Les apports nutritionnels de la collation permettent d'atteindre, sauf pour l'énergie ($\approx 86\%$), des taux moyens de couverture supérieurs aux AJR. Ces taux moyens sont de 105% pour la vitamine B1, 108% pour la vitamine B2, 137% pour le calcium, 138% pour le fer, 157% pour la vitamine A, 180% pour le zinc, 188% pour les protéines brutes et 201% pour la vitamine C.

Compte tenu de la variabilité des apports de l'alimentation familiale, si on s'intéresse à la manière dont se répartissent les enfants en différentes classes en fonction du niveau de couverture (<60%, 60-80%, 80-100% et >100%) de leurs AJR ; on constate que la consommation de la collation permet (*figure IV/2-2*):

- de diminuer de 36 à 7% le pourcentage d'enfants ayant une couverture des besoins en énergie inférieure à 60% ;

- d'augmenter de 74 à 95% le pourcentage d'enfants ayant des ingérés en protéines leur permettant de couvrir en totalité leur apport protéique de sécurité;
- à la grande majorité des enfants de couvrir leur AJR en calcium (*pour 76% d'entre eux*), en fer (92%), en zinc (94%), en vitamine A (90%) et en vitamine C (70%) alors que la seule alimentation familiale ne permet de couvrir plus de 60% des AJR qu'à 15% des enfants pour le calcium, 30% des enfants pour le fer, 12% des enfants pour le zinc et 37% des enfants pour la vitamine A;
- de diminuer considérablement les pourcentages d'enfants ayant des taux de couverture de leur AJR inférieurs à 60% pour la vitamine B1 (de 83 à 2%) et la vitamine B2 (de 80 à 5%).

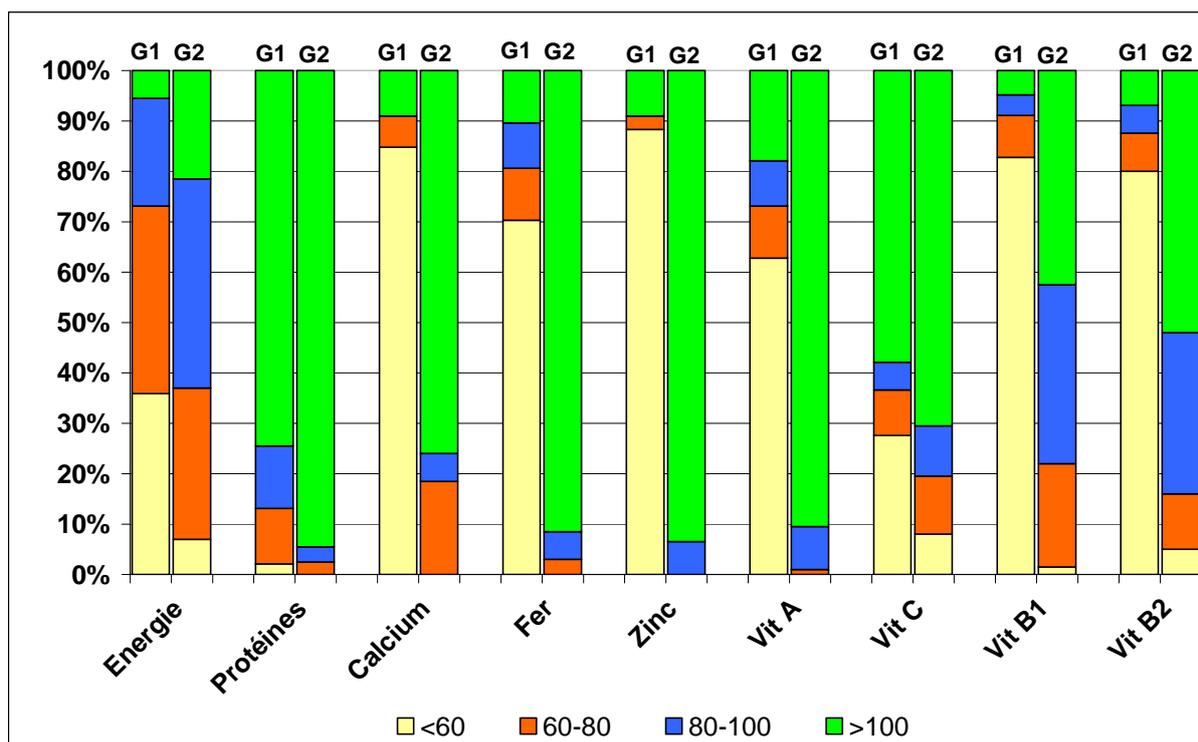


Figure IV/2-2: Répartition (%) des enfants ayant consommé (G2) ou non (G1) la collation la veille de l'enquête selon leur niveau de couverture (<60%, 60-80%, 80-100% et >100%) des AJR.

Discussions et conclusion

Nos résultats viennent compléter les rares données existantes sur les ingérés en énergie et en nutriments des élèves des EPP d'Antananarivo et mettent en lumière la nécessité d'interventions nutritionnelles en milieu scolaire. Ils suggèrent que l'actuelle alimentation des enfants est loin de leur permettre de couvrir l'ensemble de leurs besoins nutritionnels, en particulier leurs besoins en micronutriments.

Les ingérés moyens en énergie des enfants à partir de l'alimentation habituelle sont faibles par rapport aux besoins énergétiques recommandés (Torun et al, 1996). On constate, comme cela a déjà été rapporté par certains auteurs (Chitra & Radha Reddy, 2007), que les enfants des familles les plus défavorisées, ayant un indice de biens possédés moins élevé, ont des ingérés en énergie moins importants que ceux issus des familles ayant un indice de biens possédés plus élevé. Par ailleurs, nos résultats confirment ceux de Mbemba et al (2006) comme quoi les ingérés en énergie des enfants scolarisés augmentent régulièrement de 6 à 14 ans. Des ingérés

énergétiques plus élevés sont également enregistrés chez les enfants qui reçoivent plus de 50 Ariary d'argent de poche par jour, probablement parce qu'ils peuvent s'offrir des aliments plus énergétiques.

Les apports en protéines sont largement supérieurs à l'apport de sécurité. Ces apports, seraient, selon plusieurs enquêtes menées sur l'ensemble de la population malgache, des apports de qualité satisfaisante (FAO, 2005). Les apports en lipides sont faibles puisqu'ils ne représentent que 12% des apports énergétiques totaux. Ils sont un peu plus importants pour les enfants de familles ayant un indice de biens possédés plus élevé et pour ceux du niveau scolaire le plus élevé (CM2) probablement en raison de la consommation plus fréquente d'aliments riches en matière grasse tels que les beignets.

Les faibles niveaux d'apports en micronutriments à partir de l'alimentation familiale que nous avons pu observer confirment les résultats préliminaires obtenus dans le cadre du programme Nutrimad (Ratsito, 2004) et sont en cohérence avec les données existantes sur les prévalences de carences en micronutriments (INSTAT & ORC Macro, 2005; FAO, 2005).

La comparaison des ingérés journaliers des enfants ayant pris ou non la collation la veille de l'enquête montre que la voie alimentaire proposée pour réduire les déficits nutritionnels dans le cadre du PAS-Nutrimad, à savoir la prise d'une collation de haute densité énergétique fortifiée en micronutriments, permet d'améliorer sensiblement la couverture des besoins en énergie et de couvrir la totalité des déficits en micronutriments. Des résultats comparables ont été obtenus au Bangladesh par Ahmed (2004) dans le cadre d'un PAS basé sur la distribution de biscuits fortifiés. Les évaluations d'autres PAS menés au Kenya ont donné des résultats allant dans le même sens mais les différences étaient statistiquement non significatives (Meme et al, 1998; Musamali, Wallingo & Mbagaya, 2006). Le type d'aliment choisi par Nutrimad et le moment proposé pour sa distribution apparaissent donc comme appropriés pour permettre des apports nutritionnels suffisants sans perturber les horaires de classe et sans venir en substitution de l'alimentation familiale.

Dans la mesure où différentes études, notamment menées au Pérou (Jacoby, Cueto & Pollitt, 1998) et en Tanzanie (Ash et al, 2003) ont montré que la distribution d'aliments fortifiés en milieu scolaire permettait de réduire les carences en micronutriments et en particulier les prévalences d'anémie et celles des enfants ayant une rétinolémie insuffisante, il est probable que la prise de collation fortifiée proposée dans le cadre du PAS-Nutrimad permette une amélioration sensible du statut en micronutriments des enfants des EPP d'Antananarivo.

D'autres études de suivi évaluation réalisées dans le cadre du PAS-Nutrimad ayant montré un fort taux d'adhésion des élèves et des effets positifs statistiquement significatifs sur leur état nutritionnel et leurs performances scolaires (Laillou et al, 2006), ce programme d'alimentation scolaire apparaît comme une stratégie prometteuse. Il appartient maintenant aux décideurs de juger de son rapport coût/efficacité avant d'éventuellement envisager son extension dans le cadre du programme national d'alimentation et de nutrition scolaire (PNANS) de Madagascar.

Références bibliographiques

- Ahmed AU. Impact of feeding children in school: evidence of Bangladesh. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2004 ; 60p.
- AFNOR. Recueil de normes françaises: corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés, 5^e éd. Paris: AFNOR, 1993.
- Ash DM, Tatala SR, Frongillo Jr EA, Ndossi GD, Latham MC. Randomized efficacy trial of a micronutrient-fortified beverage in primary school children in Tanzania. *Am J Clin Nutr* 2003, 77:891-898.

- Bennett J. Review of school feeding projects. London: Department for international development (DFID), 2003.
Accessible à partir de:
http://www.passlivelife.org.uk/site_files/files/Review%20of%20School%20Feeding%20Projects%20Report_FS0076.pdf
- Child Health Unit. An Evaluation of South Africa's Primary School Nutrition Programme. South Africa, Rondebosch: Health Systems Trust, 1997; 151p.
- Chitra U, Radha Reddy C. The role of breakfast in nutrient intake of urban schoolchildren. *Public Health Nutr* 2007,10(1):55-58.
- Dop MC, Gomis MC, Gardon M, Lesauvage S. Outils d'enquête alimentaire/entretien: Elaboration au Sénégal. Paris: IRD édition, 2003.
- FAO. Profil Nutritionnel de Madagascar – Division de l'Alimentation et de la Nutrition. FAO, 2005.
- FAO/WHO. Human vitamin and mineral requirements, *Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok, 2002*.
- Grantham-McGregor SM, Chang S & Walker SP. Evaluation of school feeding programs: some Jamaican examples. *Am J Clin Nutr* 1998,67(suppl):785S–789S.
- Hamill PV, Drizd TA, Johnson CL, Reed RB, Roche AF. NCHS growth curves for children birth-18 years: United States. *Vital Health Stat* 11 1977;165:i-iv, 1-74.
- INSTAT, ORC Macro. Enquête Démographique et de Santé de Madagascar 2003-2004. Calverton, Maryland, USA INSTAT et ORC Macro, 2005.
- Ivanovic D, Vasquez M, Marambio M, Ballester D, Zacarias I, Aguayo M. Nutrition and Education.II. Educational achievement and nutrient intake of Chilean elementary and high school graduates. *Arch Latinoam Nutr* 1991,41(4):499-515.
- Jacoby ER, Cueto S & Pollitt E. When science and politics listen to each other: good prospects from a new school breakfast program in Peru. *Am J Clin Nutr* 1998;67(suppl):795S–797S.
- Kim SH, Kim JY, Keen CK. Comparison of dietary patterns and nutrient intakes of elementary schoolchildren living in remote rural and urban areas in Korea: their potential impact on school performance. *Nutr Res* 2005,25:349–363.
- Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad School Feeding Program: Impact on failure rate and nutritional status of schoolchildren in Madagascar. *Sight and Life Newsletter* 2006,2: 4-9.
- Levinger B. Nutrition, Health and Education for all. New York: Education Development Center, United Nations Development Programme, 1994.
- Mbemba F, Mabila-Babela JR, Massamba A, Senga P. Profil alimentaire de l'écolier à Brazzaville, Congo. *Arch Pediatr* 2006,13:1022–1028.
- Meme MM, Kogi-Makau W, Muroki NM, Mwadime RK. Energy and protein intake and nutritional status of primary schoolchildren 5 to 10 years of age in schools with and without feeding programmes in Nyambene district, Kenya. *Food Nutr Bull* 1998, Vol 19(4):334-342.
- Musamali B, Wallingo MK, Mbagaya GM. Impact of school lunch programmes on nutritional status of children in Vihiga district, Western Kenya. *Afr J Agri Nutr Development* 2007,Vol 7(6):1-14.
- National Center for Health Statistics (NCHS). *Population Index*, 1977,Vol 43(2):212-216.
- OMS. Mesure des modifications de l'État Nutritionnel. Guide pour la mesure de l'impact nutritionnel des programmes d'alimentation complémentaire visant les groupes vulnérables. Genève: OMS, 1983.
- MOST, USAID Micronutrient Program. Enquête sur la Carence en Vitamine A chez les femmes et les enfants et enquête sur l'anémie chez les écoliers de 6 à 14 ans. 2004, 48p.
- Ratsito VN. Caractérisation de l'alimentation des enfants d'âge scolaire à Madagascar. Mémoire de DEA de Biochimie. Antananarivo: Université d'Antananarivo, 2004.
- Snedecor W, Cochran WG. Méthodes statistiques, 6^{ème} éd. Paris: ACTA, 1971.
- Swindale A, Ori-Vachaspati P. Measuring household food consumption: A technical guide. Washington DC: Food and Nutrition Technical Assistance (FANTA) Project, Academy for Educational Development (AED), 2004.
- Torun B, Davies PSW, Livingstone MBE, Paolisso M, Sackett R, Spurr GB. Energy requirements and dietary energy recommendations for children and adolescents 1 to 18 years old. *Eur J Clin Nutr* 1996,50 (Suppl):1S-37S.

Whaley, SE, Sigman M, Neumann C et al. The impact of dietary intervention on the cognitive development of Kenyan school children. *J Nutr* 2003,133:3965S-3971S.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Programme d'alimentation scolaire du programme NUTRIMAD financé par la Région Ile-de-France. Elle a reçu l'appui de Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et de l'IRD. Nos remerciements vont à Monsieur Luc ARNAUD, représentant du GRET à Madagascar pour nous avoir permis de réaliser cette étude au sein de son équipe et à tous les directeurs d'écoles, les instituteurs, les élèves et leurs parents pour leur coopération.

Nutrient dense porridges to control nutritional deficiencies in school children: a study in underprivileged districts of Antananarivo

*RAMAHERISOA M, BRUYERON O, RALISON C, TRECHE S
(GRET, IRD and Antananarivo University)*

Rationale & Objectives: To test the usefulness of an energy and micronutrient dense porridge consumed as a snack in public primary schools of Antananarivo.

Methodology: A quantitative 24-hour recall dietary survey was carried out on 145 schoolchildren having consumed the snack the day before and 200 having not. Intakes of usual foods and snacks were converted into energy and micronutrient intakes using food composition tables. These intakes were compared between the two groups using analysis of variance.

Results: The consumption of the snack had no impact on intakes of usual foods which in average met only 68% of the energy requirements and less than 60% of the RDA for most micronutrients. A strong increase of energy (+26%), lipid (+60%) and micronutrient intakes was observed for children who consumed the fortified snacks, thus allowing them to meet the corresponding RDA.

Conclusion: Use of a nutrient dense porridge within the frame of a School Feeding Program can be an effective way to improve energy intakes and to control micronutrient deficiencies amongst schoolchildren.

Keywords: Micronutrient deficiencies – schoolchildren - 24-hour Recall - Fortified snack - School feeding Program



Nutrient dense porridges to control nutritional deficiencies in school children: a study in underprivileged districts of Antananarivo

RAMAHERISOA M¹*, BRUYERON D², RALISON C¹, TRECHE S³

¹ LABASAN (Laboratory of Biochemistry Applied to Food Sciences and Nutrition), Department of Biochemistry, Faculty of Sciences, University of Antananarivo, BP 906, 101 Antananarivo, Madagascar

² GRET (Non-Profit Organization of Professionals for their Development), Paris, France

³ UMR104 (Unité de Recherche des Maladies et autres pathologies associées, IRD (Unité de Recherche pour le Développement), BP 434, 101 Antananarivo



Introduction

The Malagasy government has adopted a "School feeding, nutrition and health national program" (PNANSS, 2006) which general objective consists in "improving the nutritional status and health of schoolchildren in order to increase their school performance".

To contribute to the PNANSS, Nutrimad Program implemented a School Feeding Program (SFP-Nutrimad) in 15 public primary schools (PPS) located in underprivileged districts of Antananarivo during the 2004-2006 school years (Lailou et al., 2006).

SFP-Nutrimad mainly consisted in proposing a low-cost snack to schoolchildren during playtimes. This snack was a fortified high-energy dense porridge made from a local composite flour (Table 1).

Servings were calculated to provide 18% of the daily energy requirement and 25% of the safe protein intake of a 10-year-old boy. The mineral and vitamin premix was specially designed so that each serving met 75% of his Recommended Dietary Allowances (RDA) for vitamin A, iron and zinc, 60% for calcium and 40% for other minerals and vitamins.

This study was conducted to determine the ability of the fortified snack proposed within the Nutrimad-SFP to reduce nutritional deficiencies in school-children.

Table 1: Composition of the fortified flour.

Ingredients	%
Corn	12,5
Sugar	14,0
Peasit	8,5
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1,95
Iodized salt	0,65
Premix	0,30
Amylex	0,007
Soybean oil*	2,0

*Added at the time of the preparation

Methodology

Subjects: 345 6-to-11-year-old schoolchildren from 8 PPS in which Nutrimad-SFP was implemented: 145 not having (G1) and 200 having (G2) consumed the fortified snack the day before the survey.

Food survey

The 24H recall method was used. Four trained interviewers questioned the children (and/or the persons used to prepare the family meal) on the composition and amount of each meal they consumed the previous day. Meals were examined in chronological order, from the time the children woke up on the previous day until he went to sleep. Proportions and amounts of various ingredients in each meal were estimated using domestic utensils of known capacity or their purchasing price. Then, each quantity corresponding to a volume or price was defined by weighing. For G2 children, portions of fortified snack were estimated to 350 g of porridge corresponding to 110 g of fortified flour.

Data treatment

Energy and nutrient intakes corresponding to the amounts of food eaten by each child were calculated using a compilation of food composition tables. Their average values in the two groups were compared using analysis of variance. Percentages of energy requirement and nutrient RDAs met by each child were calculated by comparing their intakes to the recommended values taking into consideration their gender and age. Percentage of children who met coverage rates ranging between 40 and 100% of their energy requirement and nutrient RDAs were compared between the two groups.

Results

Effects of the snack consumption on nutritional intakes

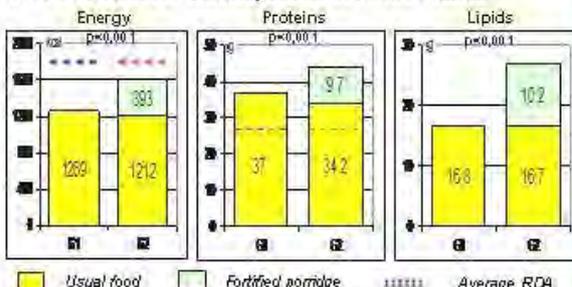


Figure 1: Comparison of the energy, protein and lipid average intakes of the two groups of schoolchildren.

- Average intakes from usual foods in the two groups were notably insufficient for energy and higher than the safe level of intake for protein
- The snack consumption allowed a marked reduction of the energy deficiency and a 60% increase of average lipid intakes

International Congress of Nutrition, 8-9 October 2009, Bangkok, Thailand

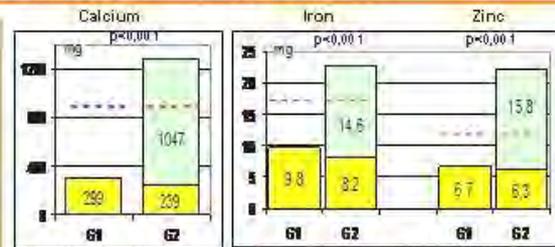


Figure 2: Comparison of calcium, iron and zinc average intakes in the two groups of schoolchildren.

- Average mineral intakes from usual foods were drastically insufficient
- The snack consumption permitted to overtake the RDA

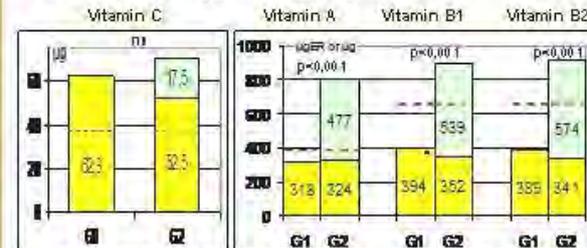


Figure 3: Comparison of vitamin average intakes in the two groups of children

- Vitamin average intakes from usual foods were higher than RDA for Vitamin C and considerably insufficient for Vitamin A, B1 and B2
- The snack consumption permitted to overtake the RDA for vitamins A, B1 and B2

Coverage rates of energy and micronutrient needs

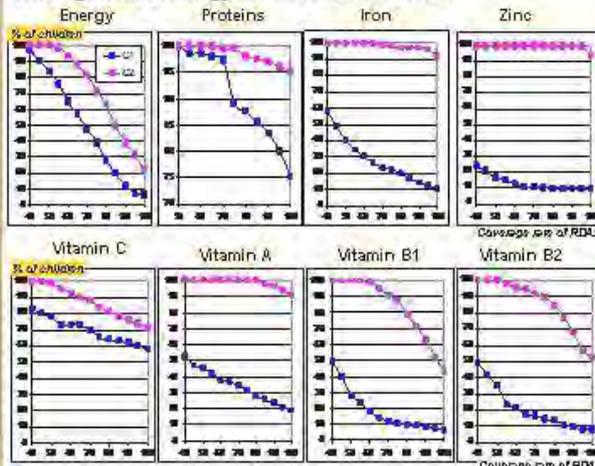


Figure 4: Comparison of the % of schoolchildren meeting various coverage rates of their energy requirement and nutrient RDAs between the two groups

- When consuming only usual foods, 50% of children met less than 70% of their energy requirement, less than 45% of their RDA for iron, less than 40% of their RDA for vitamins A, B1 and B2 and 75% of them met less than 40% of their RDA for zinc
- The snack consumption allowed:
 - 65% of children to meet more than 80% of their energy requirement
 - 80% of children to meet their RDA for vitamin A, iron and zinc and more than 75% of their RDA for vitamin B1 and B2.

Conclusion

The fortified energy-dense porridge proposed by the SFP-Nutrimad as a playtime snack to schoolchildren of underprivileged districts of Antananarivo appreciably reduced their energy deficit and, for most of them, eliminated their micronutrient deficiencies.

Background: PNANSS (Programme National d'Alimentation et de Santé Scolaire) MINAGPP (MINSU, ONANSEP, République Madagascar, 2006). Lailou A, Arnaud L, Ramaheisoa M, Manjaly C, Ralison C, Treche S. The Nutrimad school feeding program: impact on the nutritional status of Antananarivo schoolchildren. *Sigri SLUE Newsletter* 2008; 1(2):44-49. **Acknowledgements:** This study has been achieved in the School Feeding Program of Nutrimad, co-financed by SIGRI SLUE and the Ile de France regional council. We received the support of Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) and IRD. Our acknowledgements go to Luc Arnaud (GRET Madagascar coordinator and his team) and to all teachers, schoolchildren and their parents for their collaboration. Contact: bruyeron@gret.org

PARTIE V

**Niveau d'adhésion des élèves au
PAS-nutrimad et effets sur leur état nutritionnel, leur taux
de fréquentation et leurs performances scolaires**

Introduction

Les résultats des études exposées dans la partie IV ont montré que la consommation de la collation proposée par Nutrimad ne modifiait ni la nature et ni la fréquence des prises alimentaires habituelles des élèves et qu'elle leur permettait, d'une part, de réduire leur déficit énergétique et, d'autre part, de combler la totalité des déficits en micronutriments de leur alimentation familiale.

Afin de contrôler le déroulement des activités sur le terrain et de mesurer les autres impacts de la stratégie, des études de suivi-évaluation ont été réalisées pendant deux années scolaires successives en suivant des dispositifs d'études différents (Gret, 2006).

Le premier chapitre est relatif aux impacts des activités menées en 2004-2005 au niveau des 15 premières écoles d'intervention du PAS-Nutrimad. Le niveau d'adhésion des enfants à la stratégie a été évalué de façon à juger de son effet sur le taux de fréquentation scolaire et sur l'état nutritionnel des enfants bénéficiaires.

Le second chapitre est consacré à une comparaison des performances scolaires et de l'évolution de l'état nutritionnel d'élèves de 8 écoles non bénéficiaires du PAS-Nutrimad à celles des élèves des 15 écoles précédemment suivies pendant l'année scolaire 2005-2006.

Chapitre 1 :

Niveau d'adhésion des élèves au PAS-Nutrimad mis en place en 2004-2005 dans 15 écoles primaires publiques d'Antananarivo et effets sur leur fréquentation scolaire et leur état nutritionnel

Introduction

L'effet de programmes d'alimentation scolaire (PAS) sur l'état nutritionnel des élèves a rarement été mis en évidence en raison des difficultés méthodologiques à isoler leur effet de celui des autres facteurs pouvant influencer sur l'état nutritionnel d'enfants d'âge scolaire. Cependant, [Ahmed \(2004\)](#) a réussi à mettre en évidence l'impact positif d'un PAS, consistant à distribuer quotidiennement pendant toute une année scolaire des biscuits fortifiés, sur l'état nutritionnel d'élèves en isolant les effets d'autres facteurs (morbidité de l'enfant, état de santé de la mère, niveau d'éducation des parents, revenu du ménage, ...) par analyse multivariée.

Par ailleurs, d'autres études ont mis en évidence que la mise en œuvre de PAS dans les écoles s'accompagne d'une amélioration d'indicateurs scolaires, notamment le taux de fréquentation scolaire ([Powell et al, 1998](#) ; [Cueto et al, 2000](#) ; [WFP, 2003](#) ; [Pietzsch et al, 2003](#)). En Jamaïque, [Powell et al \(1998\)](#) ont montré que la distribution d'un petit déjeuner avait, en particulier pour les enfants malnutris, un effet positif sur le taux de fréquentation scolaire ainsi que sur la croissance en taille et la prise de poids des enfants. Au Pérou, [Cueto et al \(2000\)](#) ont observé une augmentation du taux de fréquentation des élèves en classes primaires à l'occasion de la mise en œuvre d'un PAS consistant à distribuer quotidiennement aux élèves une tasse de lait et des biscuits. Au Sri Lanka, [Pietzsh et al \(2003\)](#) ont montré que la distribution à l'école d'un repas le midi en zones rurales augmentait le taux de fréquentation scolaire, en particulier celui des filles.

Dans le cadre du PAS-Nutrimad, une évaluation de la stratégie a été réalisée avec notamment pour objectifs :

- d'évaluer le niveau d'adhésion au PAS à travers le niveau de consommation de la collation fortifiée et d'en identifier les déterminants ;
- de mesurer l'impact de la stratégie sur le taux de fréquentation scolaire des élèves ;
- de mesurer les modifications observées sur l'état nutritionnel des élèves après 6 mois d'intervention dans les écoles.

Méthodologie

1. Ecoles d'intervention du PAS-Nutrimad et population cible

Quinze écoles, réparties dans les 6 arrondissements d'Antananarivo, ont été désignées à Nutrimad par la Circonscription scolaire (CISCO), parmi les 92 écoles primaires publiques de la ville, pour y mettre en œuvre son Programme d'Alimentation Scolaire.

Le PAS-Nutrimad a été mené dans ces écoles pendant une durée approximative de 6 mois (de novembre 2004 à juin 2005) qui a légèrement varié selon les écoles. Tous les élèves des 15

écoles, soit environ 12800 élèves, ont participé à l'étude de suivi-évaluation pendant cette période.

2. Recueil des informations relatives aux caractéristiques socio-économiques des familles et à l'environnement scolaire des enfants

Certaines informations générales relatives aux élèves sont extraites des registres tenus au niveau des établissements scolaires. Elles correspondent à leur date de naissance, leur sexe et leur niveau scolaire répartis sur 5 niveaux: cours préparatoires 1 et 2 (CP1 et CP2); cours élémentaire (CE); cours moyens 1 et 2 (CM1 et CM2).

Les informations d'ordre démographique et socio-économique ont été obtenues auprès des enfants et de leurs parents ou tuteurs en leur demandant de remplir une fiche de renseignements. Ces renseignements concernaient le niveau d'éducation des parents, le nombre d'enfants à la charge des parents au moment de l'enquête, la quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, l'existence d'un raccordement du domicile familial au réseau électrique, la possession d'un certain nombre de biens (*radio, télévision, table et mobilier de salon*) identifiés au cours d'enquêtes antérieures pour être de bons indicateurs du niveau économique des familles.

D'autres informations relatives aux infrastructures existantes (*raccordement au réseau routier par route goudronnée, raccordement au réseau téléphonique*) ou aux services directement accessibles (*présence d'un lycée, d'un poste de police ou d'une gendarmerie, d'une banque ou d'une caisse d'épargne*) dans le quartier où l'école est située ont été recueillies auprès des directeurs des écoles. Des renseignements liés à l'effectif de la classe et à l'enseignant (*formation reçue et expérience, absence au cours de l'année, niveau de participation à la stratégie PAS*) ont été également obtenus.

3. Etude du niveau d'adhésion des enfants au PAS

La mesure du niveau d'adhésion à la stratégie s'est faite en relevant quotidiennement sur des fiches spéciales, la présence et la consommation ou non de la collation de chaque enfant. Les données ont été saisies dans une base de données Access, régulièrement mise à jour.

Un indicateur du niveau d'adhésion de chaque enfant au PAS a été calculé en faisant le rapport du nombre total de collations prises par le nombre de jours où la collation lui a été proposée.

Les élèves ont été répartis en trois groupes selon les nombres de collations prises dans l'année : Le *Groupe I* est composé d'enfants ayant consommé moins de 49 rations (soit moins de 20% des AJR en fer, zinc et vitamine A sur une période de 6 mois); le *Groupe II* regroupe les enfants ayant consommé de 49 à 96 rations dans l'année (soit de 20 à 40% des mêmes AJR) ; le *Groupe III* correspond aux enfants ayant consommé plus de 96 rations soit plus de 40% des mêmes AJR.

4. Etude d'impact de la stratégie sur le taux de fréquentation scolaire des élèves

La présence journalière des enfants en classe est relevée en même temps que la prise de la collation. Le taux de fréquentation scolaire correspond au nombre de jours de présence sur le nombre de jours où l'école est ouverte.

5. Evaluation de l'état nutritionnel des enfants

L'état nutritionnel des élèves a été évalué à partir de mesures anthropométriques réalisées en début (septembre-octobre 2004) et en fin (mai-juin 2005) d'année scolaire.

Le poids des enfants a été déterminé à partir de pesées réalisées sur des pèse-personnes digitaux (*marque Téfal; précision 100 g*): les enfants étaient pesés autant de fois que nécessaire pour obtenir trois fois la même valeur. Leur taille a été mesurée au mm près à l'aide d'une toise en position debout: les mesures étaient répétées jusqu'à l'obtention de trois valeurs ne différant pas plus de 3 mm dont on prenait ensuite la moyenne.

L'état nutritionnel des enfants a été évalué à partir des indices habituels basés sur la combinaison du poids, de la taille, de l'âge et du sexe et exprimés en unités d'écart type (Z-scores) par rapport à la médiane de la population de référence du NCHS (NCHS, 1977):

- l'indice taille-pour-âge qui est le reflet de la croissance linéaire passée et permet donc d'identifier les enfants atteints de retard de croissance et ayant souffert de malnutrition chronique;
- l'indice poids-pour-taille qui permet d'identifier les enfants de moins de 10 ans ayant un poids insuffisant pour leur taille et qui sont donc atteints de maigreur correspondant à une malnutrition aiguë;
- l'indice poids-pour-âge qui permet d'identifier les enfants dont le poids insuffisant pour l'âge (insuffisance pondérale) peut résulter soit d'un retard de croissance, soit d'un état de maigreur, soit de la combinaison des deux.

Pour chacun de ces trois indices, on considère que des valeurs comprises entre -2 et -3 ET témoignent d'un état de malnutrition modérée et que des valeurs inférieures à -3 ET sont révélatrices d'une malnutrition sévère.

Par ailleurs, l'Indice de Masse Corporelle ($IMC = (\text{poids})/(\text{taille}^2)$) de chaque enfant a été calculé et comparé, en tenant compte de son âge et de son sexe, aux valeurs correspondantes au 3^{ème} et au 5^{ème} percentiles de la population de référence pour déterminer les enfants pouvant être considérés en insuffisance pondérale modérée (*entre le 5^{ème} et le 3^{ème} percentile*) ou sévère (*en dessous du 3^{ème} percentile*).

6. Analyse des données

Les informations recueillies ont été saisies dans une base de données Access puis traitées et analysées avec *Statgraphics Plus version 5.1*. L'analyse s'est attachée à rechercher si la mise à disposition de la collation fortifiée avait permis d'améliorer le taux de fréquentation scolaire et l'état nutritionnel des enfants. L'interprétation des résultats s'appuie sur des analyses de variance pour les variables quantitatives et des tests du *Chi-2* pour les variables qualitatives.

Des variables synthétiques ont été définies pour regrouper et décrire certaines caractéristiques des enfants, de leurs familles ou des quartiers dans lesquels sont localisées les écoles:

- la variable classe d'âge comporte 5 modalités: 4-6 ans; 7-8 ans; 9-10 ans; 11-12 ans et ≥ 13 ans;
- Le retard scolaire a été défini en considérant que les enfants devaient normalement avoir en début d'année scolaire moins de 7 ans en CP1, moins de 8 en CP2, moins de 9 en CE, moins de 10 en CM1 et moins de 11 en CM2 et en distinguant 4 modalités selon que leur âge en début d'année scolaire correspondait à l'âge normal, à un an, à deux ans ou à plus de deux ans de retard par rapport aux limites d'âge définies pour chaque niveau scolaire;
- La taille de la fratrie est décrite en distinguant 3 classes: <4 enfants, 4 ou 5 et > 5 enfants;
- Le niveau d'éducation de la famille prend en compte 3 modalités: faible (*un des deux parents est ni scolarisé ni alphabétisé et l'autre n'a pas atteint le lycée*), moyen (les deux parents sont entrés en primaire ou un des deux parents a atteint le lycée) et élevé

(un des parents est entré au lycée et l'autre au moins à l'école primaire ou un des parents est entré à l'université);

- Le niveau économique comporte 3 modalités (faible, moyen, élevé) définies à partir de valeurs seuils (4,2 et 5,8) d'un indice de biens possédés calculé en considérant 5 items (*raccordement du ménage au réseau électrique ; possession de radio, télévision, table ou mobilier de salon*) auxquels des coefficients correspondant à l'inverse de leur fréquence de possession (*respectivement, 1,412; 1,680; 1,563; 1,124 et 3,057*) sont attribués et dont il est fait la somme;
- Le caractère plus ou moins résidentiel du quartier a été défini à partir du niveau moyen d'éducation et du niveau économique moyen des familles et du niveau d'équipement et des infrastructures du quartier. Ce dernier est décrit selon 3 modalités (faible, moyen,-élevé) définies à partir de valeurs seuils (2,5 et 10) d'un indice d'équipement et d'infrastructures calculé en considérant 6 items (*raccordement au réseau routier par une route goudronnée, raccordement au réseau téléphonique; existence d'un lycée, d'un poste de police ou d'une gendarmerie, d'une banque ou d'une caisse épargne*) auxquels des coefficients correspondant à l'inverse de leur fréquence (*1,10; 1,21; 5,75; 3,29; 5,75; 7,69*) sont attribués et dont il est fait la somme. Pour chacune des trois composantes retenues pour définir le caractère plus ou moins résidentiel du quartier, 1, 2 ou 3 points ont été attribués, respectivement, pour les niveaux faible, moyen et élevé et la somme des trois notes a permis d'obtenir un score. Selon la valeur de ce score, les quartiers sont considérés comme faiblement (≤ 5), moyennement (>5 et <7) ou fortement (≥ 7) résidentiels.

L'existence de relations statistiquement significatives entre les facteurs liés à l'enfant, à sa famille et à son environnement et la répartition des enfants dans les trois groupes définis par leur niveau de consommation ont été recherchées à l'aide de tests de *Chi-2*.

Les prévalences des différentes formes de malnutrition et les Z-scores moyens correspondant ont été comparées entre le début et après 6 mois d'intervention, respectivement, par test de *Chi-2* et par analyse de variance tenant compte ou non de la part de variabilité liée aux autres variables étudiées. Une comparaison par analyse de variance de la croissance et de la prise de poids des enfants des trois groupes pendant la période d'environ 6 mois pendant laquelle la collation a été proposée a également été effectuée. Les variables dont les valeurs avaient changé de manière significative entre les deux enquêtes et qui étaient significativement liées avec l'état nutritionnel ont été considérées comme possibles facteurs de confusion. Elles ont donc été introduites dans des analyses multivariées afin de calculer des moyennes ajustées pour les variables décrivant l'état nutritionnel des enfants.

Résultats et discussion

1. Niveau de consommation de la collation fortifiée et leurs déterminants

Les nombres moyen et médian de rations consommées par les enfants ainsi que la répartition des enfants en trois groupes selon que le nombre de rations consommées était suffisant pour leur apporter, respectivement, moins de 20%, de 20 à 40%, ou plus de 40% de leurs AJR en fer, zinc et vitamine A sur une période de 6 mois sont donnés dans le tableau V/1-1.

Tableau V/1-1 : Nombre moyen et valeur médiane de rations consommées pendant la durée de l'intervention et niveau de consommation des enfants en fonction des caractéristiques liées à l'enfant (*sexe, âge, niveau scolaire, retard scolaire*), à la famille (*niveau d'éducation, niveau économique, taille de la fratrie*) et au caractère plus ou moins résidentiel du quartier

	effectif	Nombre moyen (<i>médiane</i>) de rations consommées ²		Niveau de consommation (% d'enfants) ¹			
				Groupe I	Groupe II	Groupe III	NdS ³
Ensemble	10794	82,8 (86)		7,4	66,5	26,1	<0,0001
Sexe							
Garçon	5623	83,2 (86)	<i>ns</i>	7,2	65,9	26,9	<i>ns</i>
Fille	5171	82,4 (86)		7,5	67,2	25,3	
Classe d'âge							
4-6 ans	1543	71,3 (74) ^e	<0,0001	15,2	75,2	9,6	<0,0001
7-8 ans	2830	76,3 (79) ^d		10,5	74,0	15,5	
9-10 ans	2841	83,8 (87) ^c		6,1	68,3	25,5	
11-12 ans	2345	90,6 (93) ^b		2,5	58,8	38,6	
≥13 ans	1235	95,3 (97) ^a		2,3	49,1	48,6	
Niveau scolaire							
CP1	2441	71,4 (75) ^e	<0,0001	15,3	75,2	9,5	<0,0001
CP2	1842	76,6 (79) ^d		10,2	73,6	16,2	
CE	2172	83,4 (86) ^c		6,1	68,6	25,4	
CM1	2517	88,6 (92) ^b		3,6	62,1	34,3	
CM2	1822	93,0 (95) ^a		2,4	52,3	43,3	
Retard scolaire							
0	3995	76,9 (80) ^d	<0,0001	10,8	72,2	17,0	<0,0001
1 an	2552	81,9 (85) ^c		7,2	69,3	23,5	
2 ans	1956	86,6 (90) ^b		5,0	63,5	31,5	
> 2 ans	2291	91,0 (94) ^a		3,5	56,2	40,3	
Niveau d'éducation de la famille							
Faible	2950	82,7 ^b (86)	<0,05	7,2	68,1	24,7	<0,01
Moyen	5455	83,6 ^{ab} (87)		6,6	66,0	27,4	
Elevé	1195	84,4 ^a (88)		7,4	63,0	29,6	
Niveau économique de la famille							
Faible	2847	80,4 ^b (84)	<0,0001	8,6	69,0	22,3	<0,0001
Moyen	3901	84,2 ^a (88)		6,6	65,3	28,1	
Elevé	3223	84,7 ^a (88)		6,0	65,1	28,9	
Quantité d'argent de poche							
Moins de 50 Ar	2673	82,6 (86) ^b	<0,0001	7,7	67,6	24,6	<0,0001
50 Ar	3977	82,3 (85) ^b		7,0	67,6	25,4	
Plus de 50 Ar	3320	85,0 (89) ^a		6,4	63,7	29,9	
Taille de la fratrie							
<4	2580	82,7 (85)	<i>ns</i>	7,0	69,0	24,1	<0,001
4 ou 5	4768	83,1 (86)		7,6	65,1	27,2	
>5	2621	84,1 (87)		5,9	65,9	28,2	
Caractère plus ou moins résidentiel du quartier							
Faible	3652	83,5 (86) ^a	<0,0001	5,6	72,4	22,0	<0,0001
Moyen	4700	84,2 (89) ^a		8,3	58,7	33,0	
Elevé	2442	79,3 (82) ^b		8,1	72,9	19,0	

¹ Les enfants des groupes 1, 2 et 3 ont consommé un nombre de rations correspondant, respectivement, à moins de 20%, de 20 à 40%, et plus de 40% de leurs AJR en fer, zinc et vitamines A sur une période de 6 mois ;

² Anova à un facteur : test de Fisher (caractère normal) ou **Test de Kruskal-Wallis** (en caractère gras). Les moyennes ou médianes non accompagnées de lettres identiques sont significativement différentes au niveau de signification indiqué)

³ Test de Chi-2 ;

NdS : Niveau de signification ;

ns : non significatif

Les enfants ont pris en moyenne 82,8 rations (*valeur médiane 86*) réparties sur une période d'approximativement 6 mois et pendant un nombre moyen de jours de distribution de 110,7 (de 101 à 119 selon les écoles). Compte tenu des niveaux de fortification et du nombre de rations consommées, les collations proposées ont permis à 26,1 %, 66,5% et 7,5% des enfants des 15 écoles d'intervention de couvrir sur cette période de 6 mois, respectivement, plus de 40%, de 20 à 40% et moins de 20% de leurs AJR en fer, zinc et vitamine A.

Il n'y a pas de différence significative liée au sexe ou à la taille de la fratrie au niveau des quantités consommées. En revanche, ces dernières augmentent avec l'âge, le niveau scolaire et le retard scolaire. Plus le niveau d'éducation de la famille, son niveau économique et la quantité d'argent de poche donnée à l'enfant sont élevés, plus les quantités consommées sont importantes. On remarque, en outre, que dans les quartiers les plus résidentiels, la consommation est inférieure à celle des quartiers moins résidentiels.

Une analyse de variance à plusieurs facteurs réalisée en ne conservant que les facteurs ayant un effet significatif sur le nombre de rations consommées permet de mettre en évidence que tous les facteurs retenus, à l'exception du retard scolaire, continuent à avoir un effet significatif sur le nombre de collations consommées lorsqu'il est tenu compte de la variabilité liée aux autres facteurs.

Par ailleurs, on constate que les enfants des trois groupes définis en fonction du niveau de leur consommation diffèrent pour toutes les caractéristiques considérées : celles qui leur sont directement liées (*sexe, âge, niveau scolaire et retard scolaire*), celles liées à leur famille (*niveau d'éducation, niveau économique, quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, taille de la fratrie*) ainsi que leur environnement scolaire. Il est donc nécessaire pour analyser l'effet de l'appartenance à ces groupes sur l'état nutritionnel de tenir compte de ces différences quand ces caractéristiques sont également liées aux indicateurs de l'état nutritionnel et constituent donc des facteurs de confusion susceptibles de masquer, ou à l'inverse d'amplifier, les différences inter-groupes observées au niveau de l'état nutritionnel.

2. Effets de la stratégie sur l'assiduité en classe des élèves

Sur l'ensemble de la période de distribution des bouillies, le taux de fréquentation moyen calculé à partir des relevés réalisés quotidiennement par les instituteurs a été de 97,3% (*Tableau V/1-2*). Les différences observées en rapport avec différents facteurs de variation sont faibles mais, néanmoins, souvent statistiquement significatives. Les taux de fréquentation sont légèrement plus importants pour les enfants plus âgés, pour les niveaux scolaires les plus élevés, pour les enfants qui ne sont pas en retard scolaire, pour les enfants issus de famille à niveau économique élevé et pour ceux qui reçoivent quotidiennement 50 Ar ou plus d'argent de poche. Les effets du niveau économique observés sont comparables à ceux mis en évidence par [Glick et al \(2005\)](#). Par ailleurs, le taux de fréquentation est plus élevé dans les quartiers les moins résidentiels. En revanche, le sexe des élèves, le niveau d'éducation des parents et la taille de la fratrie n'influent pas sur le taux de fréquentation, ce qui avait déjà été observé par [Glick et al \(2000\)](#). Par ailleurs, les taux de fréquentation des enfants des trois groupes sont d'autant plus élevés ($p < 0,0001$) que leurs niveaux de consommation de la collation sont importants.

Une analyse de variance à plusieurs facteurs réalisée en ne conservant que les facteurs ayant un effet significatif sur le taux de fréquentation scolaire permet de mettre en évidence que le niveau scolaire, l'indice de niveau économique, la quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, le caractère plus ou moins résidentiel du quartier et le niveau de consommation des collations continuent à avoir un effet significatif sur le taux de fréquentation scolaire lorsqu'il est tenu compte de la variabilité liée aux autres facteurs.

Tableau V/1-2 : Taux moyen et valeur médiane de fréquentation scolaire des enfants en fonction de certaines de leurs caractéristiques, de celles de leurs familles, de leur environnement scolaire et de leur niveau de consommation

		<i>Effectif</i>	Taux moyen (<i>valeur médiane</i>) de fréquentation scolaire ¹	NdS ²
Ensemble		10794	97,33 (99,0)	
Sexe	<i>Garçons</i>	5623	97,28 (99,0)	ns
	<i>Filles</i>	5171	97,38 (99,1)	
Classe d'âge	<i>4-6 ans</i>	1543	96,41 (98,1) ^d	<0,0001
	<i>7-8 ans</i>	2830	97,14 (98,3) ^c	
	<i>9-10 ans</i>	2841	97,41 (99,0) ^b	
	<i>11-12 ans</i>	2345	97,83 (99,1) ^a	
	<i>≥ 13 ans</i>	1235	97,76 (99,1) ^a	
Niveau scolaire	<i>CP1</i>	1822	96,34 (98,1) ^d	<0,0001
	<i>CP2</i>	2517	96,90 (98,3) ^c	
	<i>CE</i>	2172	97,27 (98,3) ^c	
	<i>CM1</i>	1842	97,73 (99,0) ^b	
	<i>CM2</i>	2441	98,26 (99,1) ^a	
Retard scolaire	<i>0</i>	3995	97,17 (98,3) ^b	<0,0001
	<i>1 an</i>	2552	97,47 (99,0) ^a	
	<i>2 ans</i>	1956	97,41 (99,0) ^a	
	<i>> 2 ans</i>	2291	97,39 (99,0) ^a	
Niveau d'éducation des parents	<i>Faible</i>	2950	97,29 (99,0)	ns
	<i>Moyen</i>	5455	97,42 (99,0)	
	<i>Elevé</i>	1195	97,62 (99,0)	
Niveau socioéconomique de la famille	<i>Faible</i>	2847	96,93 (98,3) ^b	<0,0001
	<i>Moyen</i>	3901	97,64 (99,0) ^a	
	<i>Elevé</i>	3223	97,52 (99,0) ^a	
Quantité d'argent de poche	<i>Moins de 50 Ar</i>	2673	97,08 (98,3) ^b	<0,0001
	<i>50 Ar</i>	3977	97,45 (99,0) ^a	
	<i>Plus de 50 Ar</i>	3320	97,60 (99,0) ^a	
Taille de la fratrie	<i>1 ou 2</i>	2580	97,42 (99,0)	ns
	<i>3 ou 4</i>	4768	97,52 (99,0)	
	<i>> 4</i>	2621	97,18 (99,0)	
Caractère plus ou moins résidentiel du quartier	<i>Faible</i>	3652	97,82 (99,1) ^a	<0,0001
	<i>Moyen</i>	4700	96,94 (98,3) ^b	
	<i>Elevé</i>	2442	97,34 (98,3) ^b	
Niveau de consommation des collations proposées	<i>Groupe I</i>	794	95,89 (98,3) ^b	<0,0001
	<i>Groupe II</i>	7181	96,95 (98,3) ^b	
	<i>Groupe III</i>	2819	98,71 (99,1) ^a	

¹ (Nombre de jours de présence *100) / Nombre de jours d'ouverture de l'école pendant la période de fonctionnement du PAS.

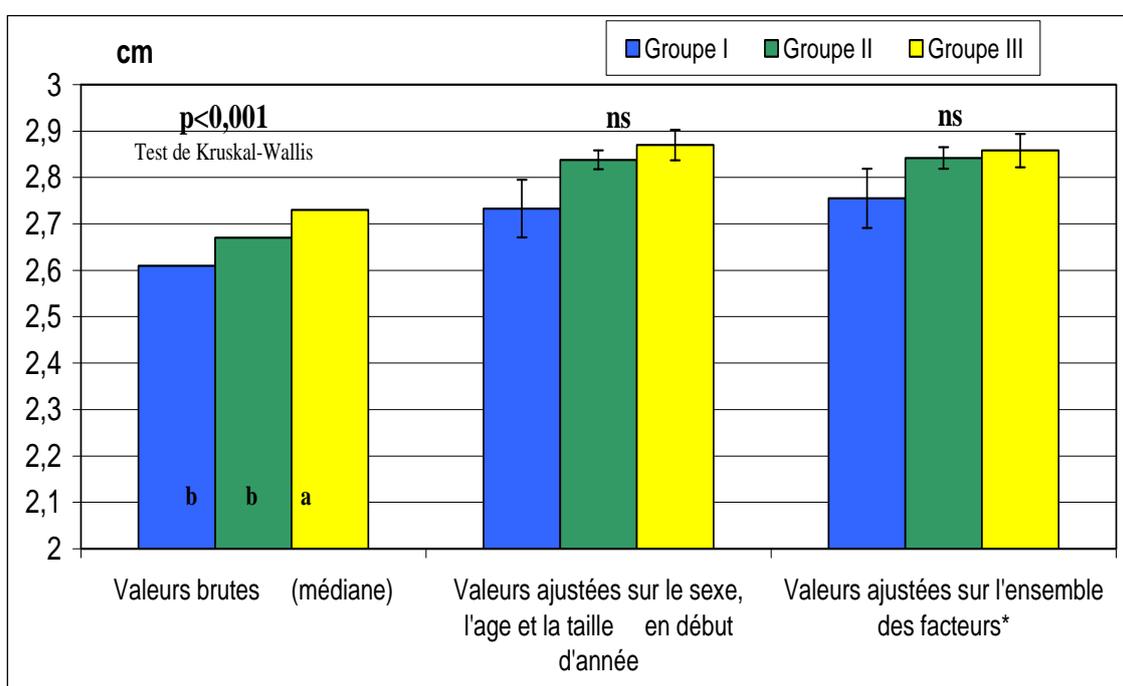
² Anova à un facteur (**Test de Kruskal-Wallis**). Les médianes non accompagnées de lettres identiques sont significativement différentes au niveau de signification indiqué.

3. Effets de la stratégie sur l'état nutritionnel

3.1. Croissance en taille et prise de poids au cours des 6 mois d'intervention

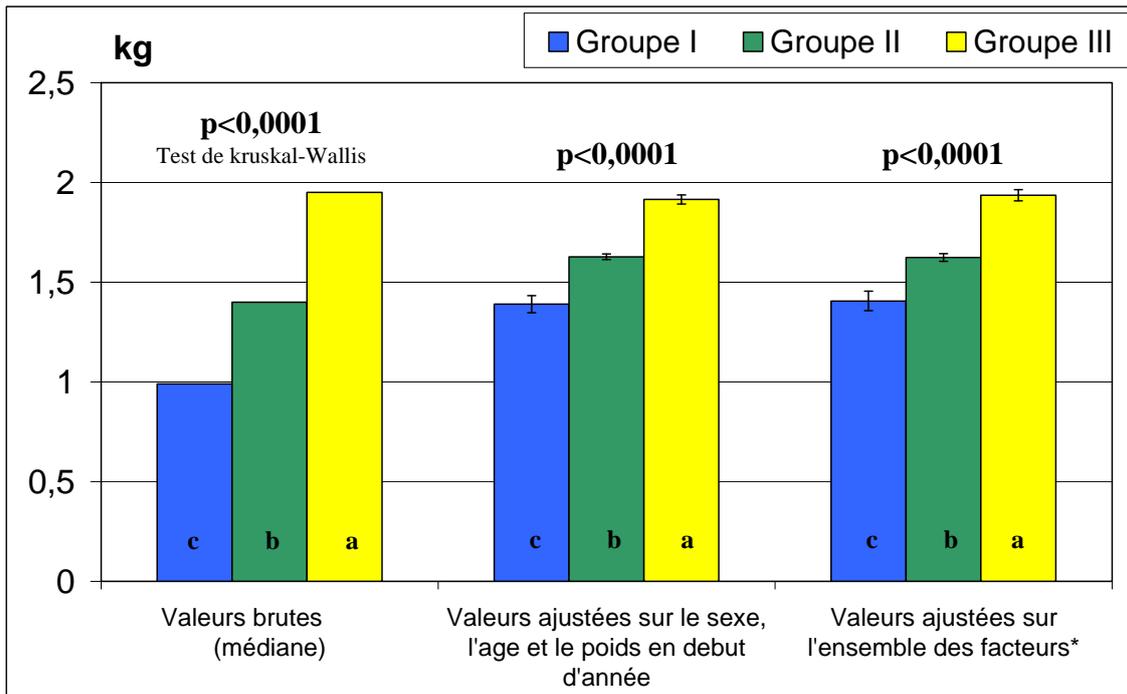
L'effet de la stratégie sur l'état nutritionnel des enfants a tout d'abord été recherché en comparant leur croissance en taille et leur prise de poids au cours de l'année scolaire en fonction de leur niveau de consommation des collations proposées. La croissance en taille et la prise de poids ont été obtenues pour chaque enfant en soustrayant de leur taille et de leur poids en fin d'année scolaire leur taille et leur poids juste avant que ne commence la période de distribution des bouillies. Comme le temps écoulé entre les mesures anthropométriques effectuées en début et en fin de période de proposition des bouillies dans les différentes écoles a varié, selon les écoles, entre 4,86 et 7,11 mois, les différences de taille et de poids entre les deux séries de mesures ont été corrigées de façon à ce qu'elles correspondent à une période théorique de 6 mois.

Les croissances en taille et la prise de poids sur une période de 6 mois des enfants en fonction de leur niveau de consommation sont comparées sur les figures V/1-1 et V/1-2. Les variances des moyennes obtenues pour les trois niveaux de consommation ne pouvant pas être considérées comme homogènes (*test de Bartlett* ; $p < 0,01$), les valeurs données sont les médianes des valeurs obtenues pour les 794, 7181 et 2819 enfants constituant respectivement les groupes I, II et III. Concernant la croissance en taille, seule la médiane des valeurs du groupe III (2,73 cm) peut être considérée comme significativement supérieure (*test de Kruskal-Wallis* ; $p < 0,001$) à celles des deux autres groupes (2,61 et 2,67 cm). En revanche, les prises de poids médianes des trois groupes diffèrent toutes significativement entre elles (*test de Kruskal-Wallis* ; $p < 0,001$) et sont d'autant plus fortes que le niveau de consommation est plus élevé (respectivement, 1,40, 1,62 et 1,94 kg pour les groupes I, II et III).



* âge, sexe, niveau scolaire, retard scolaire, taille de la fratrie des enfants ; niveau économique de leur famille ; quantité d'agent de poche dont ils disposent ; caractère plus ou moins résidentiel du quartier
Valeurs brutes (médiane) et moyennes ajustées \pm erreur-type - Les médianes ou moyennes non accompagnées de lettres identiques sont significativement différentes au niveau de signification indiqué

Figure V/1-1 : Effets du niveau de consommation des élèves sur leur croissance en taille sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement sur différents facteurs de confusion.



* âge, sexe, niveau scolaire, retard scolaire des enfants ; niveau d'éducation de leurs parents ; niveau économique de leur famille ; quantité d'argent de poche dont ils disposent ; caractère plus ou moins résidentiel du quartier
 Valeurs brutes (Médiane) et moyennes ajustées \pm erreur-type - Les médianes ou moyennes non accompagnées de lettres identiques sont significativement différentes au niveau de signification indiqué

Figure V/1-2 : Effets du niveau de consommation sur la prise de poids des enfants sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement sur différents facteurs de confusion.

La croissance en taille et la prise de poids des enfants ont ensuite été comparées en prenant en compte comme facteurs de confusion, l'âge des enfants au moment où ils ont été l'objet des premières mesures anthropométriques, leur sexe et leur taille ou leur poids à l'occasion des premières mesures. L'analyse à plusieurs facteurs réalisée ne permet plus de mettre en évidence d'effets du niveau de consommation sur la taille, mais l'effet sur la prise de poids subsiste (moyennes ajustées de 1,39 cm, 1,63 cm et 1,92 cm, respectivement pour les groupes I, II et III).

Afin de pouvoir tenir compte d'éventuels autres facteurs de confusion, il a tout d'abord été procédé à l'identification des facteurs qui étaient à la fois significativement liés au niveau de consommation, c'est à dire à l'appartenance à l'un des trois groupes de consommation, et qui, par ailleurs, influaient significativement sur la croissance en taille et la prise de poids des enfants pendant les 6 mois d'intervention. Comme indiqué dans le tableau V/1-1, toutes les facteurs pris en compte étaient significativement liés au niveau de consommation sauf le sexe ($p=0,15$). Ce facteur a, néanmoins été conservé dans la mesure où la valeur du p étant inférieure à 0,20, il n'est pas exclu que ce facteur puisse influencer dans le cadre d'une analyse multivariée. Tous les facteurs pris en compte, sauf le niveau d'éducation des parents pour la croissance en taille et la taille de la fratrie pour la prise de poids, s'étant révélés influencer significativement sur la croissance et la prise de poids pendant les 6 mois d'intervention, les facteurs pris en compte dans les analyses multivariées ont donc été en définitive ;

- pour la croissance en taille : l'âge des enfants au moment des premières mesures, leur sexe, leur niveau scolaire, leur retard scolaire, le niveau économique de leur famille, la taille de leur fratrie, la quantité d'argent de poche dont ils disposent et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier dans lequel se trouve l'école ;

- pour la prise de poids : les mêmes variables à l'exclusion de la taille de la fratrie mais en incluant le niveau d'éducation des parents.

Sur les figures V/1-1 et V/1-2, on constate qu'après ajustement sur l'ensemble des facteurs pris en compte, la croissance en taille des trois groupes d'enfants ne varie pas significativement d'un groupe à l'autre, mais qu'en revanche la prise de poids reste d'autant plus élevée que le niveau de consommation des bouillies est plus élevé (*respectivement, 1,41 kg, 1,62 kg et 1,94 kg pour les groupes I, II et III*).

Il s'avère donc que les enfants du groupe III qui ont consommé plus de 4 fois par semaine les collations proposées pendant une période d'environ 6 mois ont une prise de poids moyenne que l'on peut estimer à plus de 500 g supérieure à celles des enfants ayant consommé moins de 2 fois par semaine la collation. En revanche, il ne semble pas que, après ajustement sur les facteurs de confusion, il y ait un effet du niveau de consommation sur la croissance en taille des enfants pendant la période de 6 mois prise en compte.

3.2. Variations des indices nutritionnels (*Z-scores*)

Les effets de la stratégie sur l'état nutritionnel des enfants ont également été étudiés en comparant les *Z-scores* taille-pour-âge et poids-pour-âge des enfants des trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des collations proposées.

Dans un premier temps, il a été recherché quels sont, outre le niveau de consommation, les autres facteurs susceptibles d'influer sur les valeurs, brutes ou ajustées, des *Z-scores* à la fin de la période de distribution des collations. Comme illustré dans le tableau V/1-3, chacun des facteurs pris en compte, que ce soient le niveau de consommation des collations, les caractéristiques liées à l'enfant ou à sa famille ou son environnement scolaire, influe significativement sur les valeurs des *Z-scores*. Toutefois, lorsque les effets de ces facteurs sont étudiés dans le cadre d'une analyse multivariée permettant de prendre en compte l'effet des autres facteurs sur la variabilité des *Z-scores*, il ressort que le niveau d'éducation de la famille et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier dans lequel est située l'école n'ont plus d'effet significatif sur les *Z-scores* taille-pour-âge et poids-pour-âge des enfants.

De plus quand on prend également en compte comme covariables, le *Z-score* taille-pour-âge ou le *Z-score* poids-pour-âge des enfants en début d'année scolaire, pour s'affranchir de la variabilité liée à l'état nutritionnel des enfants avant le début de l'intervention, on constate que le niveau de consommation:

- n'influe plus significativement sur le *Z-score* taille-pour-âge et que les seuls facteurs qui continuent à voir un effet significatif sont le retard scolaire, la quantité d'argent de poche donnée aux enfants et la taille de la fratrie ;
- continue à avoir un effet significatif sur le *Z-score* poids-pour-âge de même que les autres facteurs pris en compte à l'exception du retard scolaire de l'enfant et du niveau économique des familles.

Tableau V/1-3 : Identification des facteurs influant sur les valeurs du Z-score taille-pour-âge et du Z-score poids-pour-âge des enfants en fin de période d'intervention

Facteurs	Z-score taille-pour-âge (n=9590)			Z-score poids-pour-âge (n=9597)		
	Valeurs brutes (a)	Valeurs ajustées		Valeurs brutes (a)	Valeurs ajustées	
		(b)	(c)		(b)	(c)
Caractéristiques liées à l'enfant						
Sexe	p<0,0001	p<0,0001	ns	p<0,0001	p<0,0001	p<0,01
Classe d'âge/âge	p<0,0001	p<0,0001	ns	p<0,0001	p<0,0001	p<0,05
Niveau scolaire	p<0,0001	p<0,0001	ns	p<0,0001	p<0,0001	p<0,001
Retard scolaire	p<0,0001	p<0,0001	p<0,01	p<0,0001	p<0,0001	Ns
Caractéristiques liées à la famille						
Niveau d'éducation	p<0,0001	ns	ns	p<0,0001	ns	Ns
Niveau économique	p<0,0001	p<0,0001	ns	p<0,0001	p<0,0001	ns
Quantité d'argent de poche	p<0,0001	p<0,0001	P<0,0001	p<0,0001	p<0,0001	p<0,001
Taille de la fratrie	p<0,0001	p<0,0001	p<0,01	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Caractère ± résidentiel du quartier	p<0,0001	ns	ns	p<0,001	ns	p<0,0001
Groupe de consommation						
	p<0,0001	p<0,0001	ns	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001

- (a) Anova à un facteur : test de Fischer (caractère normal) ou **Test de Kruskal-Wallis** (en caractère gras)
 (b) Anova à plusieurs facteurs en prenant en compte l'ensemble des facteurs du tableau (sauf la classe d'âge remplacée par l'âge réel au moment des mesures effectuées à la fin de l'intervention).
 (c) Anova à plusieurs facteurs prenant en compte les mêmes facteurs qu'en b) ainsi que le Z-score taille-pour-âge ou le Z-score poids-pour-âge au moment de la première mesure

Tableau V/1-4: Effets du niveau de consommation des collations sur les valeurs brutes des Z-scores taille-pour-âge et poids-pour-âge en début et en fin d'intervention et sur leurs valeurs ajustées en fin d'intervention

	Effectif	Groupe I	Groupe II	Groupe III	Nds (a)
Z-score Taille/âge					
Valeurs brutes		658	6358	2572	
Avant intervention		-2,00±1,04 ^a	-1,91±1,02 ^b	-1,81±1,05 ^c	p<0,05
Après 6 mois d'intervention		-1,96±1,06 ^a	-1,87±1,02 ^b	-1,77±1,04 ^c	p<0,05
	Nds (b)	Ns	p<0,05	ns	
Valeurs ajustées après intervention					
(c)		-2,02±0,04 ^a	-1,91±0,02 ^b	-1,75±0,02 ^c	p<0,01
(d)		-1,86±0,009	-1,85±0,003	-1,85±0,005	ns
Z-score poids-pour-âge					
Valeurs brutes		660	6363	2574	
Avant intervention		-1,74±0,77 ^a	-1,65±0,07 ^b	-1,60±0,76 ^c	p<0,01
Après 6 mois d'intervention		-1,72±0,76 ^a	-1,59±0,07 ^b	-1,51±0,78 ^c	p<0,0001
	Nds (b)	Ns	P<0,0001	p<0,0001	
Valeurs ajustées après intervention					
(c)		-1,73±0,03 ^a	-1,59±0,01 ^b	-1,46±0,02 ^c	p<0,0001
(e)		-1,64±0,01 ^a	-1,59±0,01 ^b	-1,54±0,01 ^c	p<0,0001

- (a) Sur une même ligne, les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau indiqué (Moyennes brutes ± écart-type ; moyennes ajustées ± erreur type). (b) Test de Student
 (c) ajusté sur les caractéristiques liées à l'enfant (sexe, âge de l'enfant, niveau solaire, retard scolaire), à sa famille (niveau d'éducation, niveau économique, quantité d'argent de poche, taille de la fratrie) et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier
 (d) Ajustées sur les facteurs détaillés en c) ainsi que sur le Z-score taille-pour-âge en début d'intervention
 (e) Ajustées sur les facteurs détaillés en c) ainsi que sur le Z-score poids-pour-âge en début d'intervention.

3.3. Prévalences des différentes formes de malnutrition

- Retard de croissance

Les prévalences de retard de croissance des élèves des 15 écoles en début et en fin d'intervention sont comparées sur la figure V/1-3.

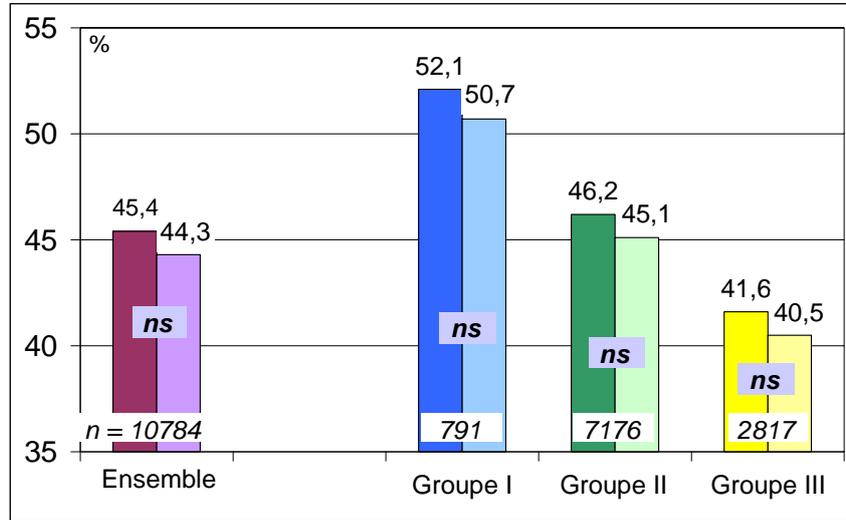


Figure V/1-3 : Comparaison des prévalences de retard de croissance des élèves dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (*couleur sombre*) et en fin (*couleur claire*) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.

La prévalence de retard de croissance qui atteignait 45% de l'ensemble des élèves en début d'année scolaire ne varie pas pendant l'année ni au niveau de l'ensemble des élèves ni au sein de chaque groupe d'élèves définis en fonction du niveau de consommation des bouillies.

- maigreur

Les prévalences de maigreur des élèves des 15 écoles en début et en fin d'intervention sont comparées sur la figure V/1-4.

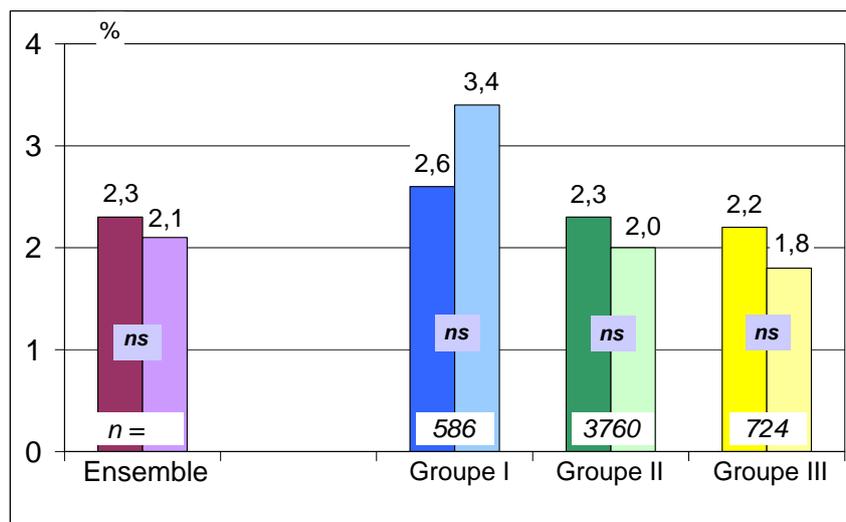


Figure V/1-4 : Comparaison des prévalences de maigreur des élèves (<10 ans) dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (*couleur sombre*) et en fin (*couleur claire*) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.

Seulement, un peu plus de 2% des enfants étaient atteints de malnutrition aiguë en début d'année scolaire. Même si cette prévalence a légèrement augmenté en cours d'année pour les enfants de groupe I alors qu'elle avait tendance à diminuer chez ceux des groupes II et III, quel que soit le groupe d'enfant considéré aucun effet significatif du niveau de consommation des collations n'a pu être mis en évidence sur les prévalences de malnutrition aiguë.

- *Insuffisance pondérale et Indice de masse corporelle pour l'âge*

Les prévalences d'insuffisance pondérale et d'IMC inférieur au 5^{ème} percentile chez les élèves des 15 écoles en début et en fin d'intervention sont comparées sur les figures V/1-5 et V/1-6.

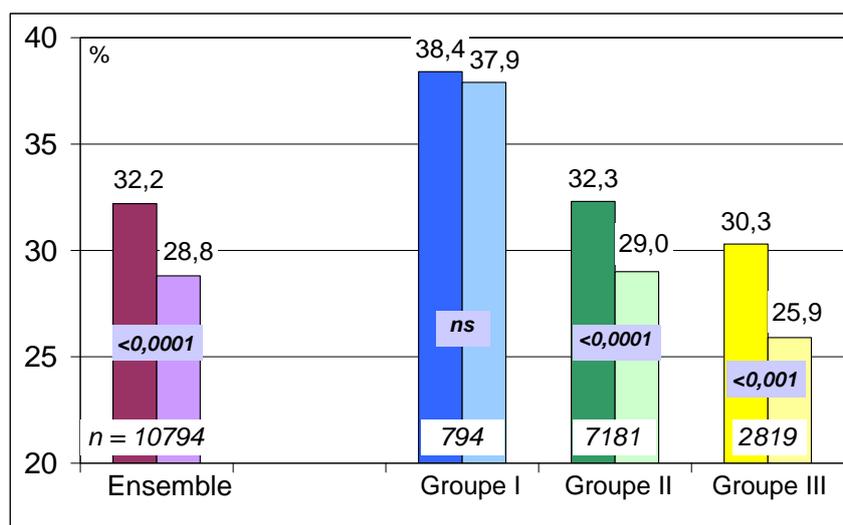


Figure V/1-5 : Comparaison des prévalences d'insuffisance pondérale des élèves dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (couleur sombre) et en fin (couleur claire) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.

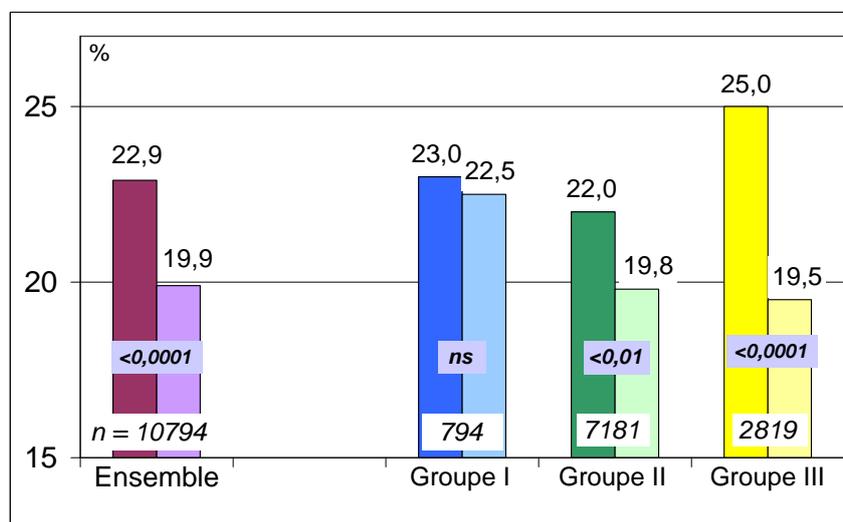


Figure V/1-6 : Comparaison des prévalences d'indice de masse corporelle pour l'âge inférieur au 5^{ème} percentile dans les 15 écoles d'intervention du PAS-Nutrimad en début (couleur sombre) et en fin (couleur claire) d'intervention pour l'ensemble des élèves et pour les trois groupes définis en fonction de leur niveau de consommation des bouillies.

Les mêmes variations sont observées pour ces deux indices nutritionnels. Sur l'ensemble des élèves, des baisses très significatives des prévalences sont constatées à l'issue de la période de

6 mois de distribution des collations (32,2% vs 28,8% pour l'insuffisance pondérale ; 22,9 vs 19,9% pour l'IMC inférieur au 5^{ème} percentile) (*Figures V/1-5 et V/1-6*). Ces diminutions ne sont pas observées pour le groupe (I) d'enfants ayant consommé moins de 3 collations par semaine. En revanche, elles atteignent, respectivement dans les groupes II et III, 3 et 5% pour l'insuffisance pondérale et plus de 2 et 5% pour l'IMC inférieur au 5^{ème} percentile. Il semble donc que des niveaux de consommation moyen ou élevé des collations proposées permettent de réduire les prévalences d'insuffisance pondérale et d'IMC inférieur au 5^{ème} percentile des enfants.

Conclusion

L'étude de suivi-évaluation de la stratégie PAS-Nutrimad, menée au cours de l'année scolaire 2004-2005 dans 15 EPP de la ville d'Antananarivo, a permis de mettre en évidence des résultats très encourageants au niveau de l'adhésion des élèves à la stratégie et des effets significatifs, plus ou moins marqués, sur le taux de fréquentation scolaire et l'état nutritionnel des élèves.

Bien que les élèves aient eu à payer une part de la collation proposée, ils ont consommé en moyenne 83 rations réparties sur une période d'approximativement 6 mois au cours de laquelle le nombre moyen de jours de distribution a été de 111. Le nombre de rations consommées par chaque élève a permis de les répartir en trois groupes constitués de 7,5%, 66,5% et 26,1% des élèves qui ont consommé, respectivement, moins de 49, de 49 à 96 et plus de 96 rations sur l'ensemble de la période de distribution des bouillies. Compte tenu du nombre de rations consommées, les élèves des trois groupes ont ainsi pu couvrir, sur une période de 6 mois, à partir des collations consommées, respectivement, moins de 20%, de 20 à 40% et plus de 40% de leurs AJR en fer, zinc et vitamine A. Il a été mis en évidence que les niveaux de consommation des élèves dépendent de facteurs directement liés à l'enfant (*âge, niveau scolaire, retard scolaire*) ou à sa famille (*niveau d'éducation, niveau économique, quantité d'argent de poche donnée à l'enfant*) et au caractère plus ou moins résidentiel des quartiers dans lesquels sont situés les écoles. De ce fait, les trois groupes d'élèves définis en fonction de leur niveau de consommation des collations proposées diffèrent également entre eux pour ces mêmes facteurs.

Le taux de fréquentation scolaire dans les écoles ayant bénéficié de la mise en œuvre du PAS-Nutrimad est très élevé avec un taux de fréquentation moyen calculé sur l'ensemble des élèves de 97,3%. Compte tenu de la valeur très élevée de ce taux de fréquentation, l'étude de ses facteurs de variation n'a permis de mettre en évidence que des effets limités même s'ils sont hautement significatifs. Outre le niveau de consommation des collations, les facteurs identifiés comme ayant un effet favorable sur le taux de fréquentation scolaire ont été le niveau scolaire, le niveau économique des familles et la quantité d'argent de poche donnée à l'enfant.

Les prévalences des différentes formes de malnutrition et les Z-scores moyens en début d'année révèlent, comme déjà souligné (*Cf. Partie II-Chapitre 2*), le mauvais état nutritionnel de la plupart des élèves. Les évolutions de ces différents indicateurs ainsi que la croissance et la prise de poids de chaque enfant au cours de l'année mettent en évidence un effet hautement significatif du niveau de consommation des collations sur le poids des enfants et l'absence d'effet notable sur leur croissance en taille.

En effet, si l'écart moyen de taille des enfants entre le début et la fin de la période de distribution des collations est significativement plus élevé pour les enfants du groupe III que pour ceux des groupes I et II, ces différences entre écarts moyens ne sont plus significatives

quand on tient compte de la variabilité liée aux facteurs non liés à l'intervention qui différencient les trois groupes. Il en est de même lorsque l'on compare les Z-scores moyens taille-pour-âge des trois groupes, dont les valeurs brutes en fin d'année scolaire sont d'autant plus faibles que les niveaux de consommation des élèves sont plus faibles mais qui ne diffèrent plus entre groupes lorsqu'il est tenu compte des facteurs de confusion dans le cadre d'une analyse multivariée. En ce qui concerne les prévalences de retard de croissance, elles ne diffèrent pas significativement entre le début et la fin de la période de distribution des collations quel que soit le niveau de consommation des élèves.

En revanche, l'effet du niveau de consommation des collations sur les différents indicateurs relatifs au poids des élèves ressort clairement de la comparaison des valeurs de ces indicateurs obtenues pour les trois groupes d'enfants. Les gains moyens de poids en cours d'année ainsi que les Z-scores moyens poids-pour-âge en fin d'année sont significativement plus élevés pour le groupe III que pour le groupe II et que pour le groupe I que l'on considère les valeurs brutes de ces indicateurs ou leurs valeurs ajustées tenant compte des effets de facteurs non liés à l'intervention qui différencient ces trois groupes. L'effet favorable du niveau de consommation des collations est également mis en évidence par le fait que, contrairement à ce qui est observé pour le groupe d'enfants ayant eu le niveau de consommation le plus faible (groupe I), les prévalences d'insuffisance pondérale et d'IMC inférieur au 5^{ème} percentile diminuent significativement entre le début et la fin de l'année pour les enfants des groupes II et III.

La stratégie proposée a donc bénéficié d'une large adhésion des élèves qui s'est traduit par un niveau important de consommation des collations proposées, un effet limité mais, néanmoins, significatif sur le taux de fréquentation scolaire et un effet hautement significatif sur tous les indicateurs de l'état nutritionnel relatifs au poids des enfants.

Références bibliographiques

- Ahmed AU. Impact of feeding children in school: evidence of Bangladesh. Washington: International Food Policy Research Institute (IFPRI), 2004; 60p.
- Cueto S, Chinen M, Montes I, Andrade F, Staeheli M. Educational impact of school breakfast program in rural Peru. (Article présenté lors de American Educational Research Association (AERA) Conference en Nouvelle Orléans, Etats-Unis, 20-24 avril 2000.
- Glick P, Rajemison H, Ravelo A, Raveloarison Y, Razakamanantsoa M, Sahn DE. The progression through school and academic performance in Madagascar study: Preliminary descriptive results. Antananarivo: INSTAT, 2005; 107p.
- Glick P, Razafindravonona J, Randretsa I. Education and health services in Madagascar: Utilization patterns and demand determinants. Cornell Food and Nutrition Policy Program Working Paper N°107, Cornell University, Ithaca, New York, 2000. Disponible à partir de : <http://www.cfnpp.cornell.edu/images/wp107.pdf>
- GRET (Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques). Des outils pour programmer, suivre, évaluer et présenter ses projets : Faciliter la mise en débat et se référer aux objectifs initiaux à chaque étape d'un projet. Coopérer aujourd'hui N 47, 2006 ; 29p.
- Meyers A, Sampson A, Weitzman M, Rogers B, Kayne H. School breakfast program and school performance. *Am J Dis Child* 1989,143:1234-1239.
- National Center for Health Statistics (NCHS). *Population Index* 1977;Vol 43(2):212-6.
- Pietzsch S, Kadadshani K, Dharsanie D, Sivasuthan R, Nesharasha T. Mid-day meal evaluation. *IFSP Technical Paper 12* 2001, 24p.
- Powell CA, Walker SP, Chang SM, Grantham-Mc Gregor SM. Nutrition and education: a randomized trial of the effects of breakfast in rural primary school children. *Am J Clin Nutr* 1998,68:873-879.
- WFP. Global School Feeding Report. Rome:WFP, 2003; 78p.

Chapitre 2

Effets de la stratégie PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo

Voir ci-après :

- Copie de l'Article à paraître dans les Actes du Forum « Recherche valorisée : Enjeux de développement régional », Antsiranana ; 3 au 5 décembre 2008.
- Affiche présentée lors du Forum de la Recherche « Recherche valorisée : Enjeux de développement régional », Antsiranana ; 3 au 5 décembre 2008.

Effets de la stratégie PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves des écoles primaires publiques d'Antananarivo

RAMAHERISOA Menjaharimisa^{1,2,3}, RAMBELOSON Valérie², RALISON Charlotte¹, TRECHE Serge³

¹LABASAN (Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition), Département de Biochimie fondamentale et appliquée, Faculté des Sciences, Campus universitaire Ambohitsaina, BP 906, 101 Antananarivo.

²GRET (Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques), BP 1563, 101 Antananarivo.

³UMR204 «Prévention des malnutritions et des pathologies associées» (NUTRIPASS), IRD, BP 434, 101 Antananarivo.

(Article à paraître dans les Actes du Forum de la Recherche «Recherche Valorisée : Enjeux de Développement Régional», Antsiranana, 3-5/12/2008)

Résumé

Pour contribuer au programme d'alimentation, de nutrition et de santé scolaire (PNANSS) élaboré par le gouvernement malgache, le programme Nutrimad a mis en place en 2004-2005 au niveau de 15 écoles primaires publiques (EPP) d'Antananarivo un programme d'alimentation scolaire (PAS). Le PAS-Nutrimad a principalement consisté à mettre en vente à un prix subventionné pendant les récréations une collation distribuée sous forme de bouillies de haute densité énergétique et fortifiées en micronutriments.

La mesure de l'impact de cette stratégie sur les performances scolaires des 12 983 élèves des 15 EPP a été réalisée en recueillant, d'une part, le nombre de collations consommées par chaque élève pendant l'année scolaire et, d'autre part, les notes obtenues par les élèves de CP1 à CM1 aux examens de fin d'année et les résultats des élèves de CM2 au Certificat d'Etudes Primaires Élémentaires (CEPE). Le traitement des données a consisté à répartir les élèves en trois groupes en fonction de leur niveau de consommation des collations et à comparer, entre ces trois groupes, les notes moyennes obtenues en tenant compte de différents facteurs de confusion et les pourcentages d'élèves ayant une note finale supérieure à la moyenne ou ayant réussi au CEPE.

La consommation régulière de collations fortifiées influe significativement sur la note moyenne de fin d'année des élèves de CP1 à CM1 lorsque l'on tient compte des facteurs de confusion. Par ailleurs, elle a pour conséquence une augmentation du pourcentage d'élèves de CP1 à CM1 à obtenir une note finale de fin d'année supérieure à la moyenne et du pourcentage d'élèves de CM2 à réussir au CEPE.

Mots-clés: Programme d'alimentation scolaire – collation fortifiée - performances scolaires – Ecoles Primaires Publiques- Antananarivo.

Introduction

En 2004-2005, le taux moyen de redoublement dans les 90 écoles primaires publiques (EPP) d'Antananarivo s'élevait à 15% (Cisco, 2006) et seulement 61% des élèves de CM2 ont obtenu leur Certificat d'Etudes Primaires Élémentaires (CEPE) (MEN, 2009). Pour lutter contre la médiocrité de ces performances scolaires, le gouvernement malgache a élaboré un Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (MINSANPF, MENRS, ONN, MAEP, 2006) dont l'objectif est d'«améliorer l'état nutritionnel et de santé des enfants d'âge scolaire en vue de contribuer à l'amélioration de leur performance scolaire».

Pour contribuer à cet objectif, le programme Nutrimad a mis en œuvre à partir de 2004 un programme d'alimentation scolaire (PAS) (Laillou et al, 2005 ; 2006) dans 15 écoles primaires publiques (EPP) de la commune urbaine d'Antananarivo. Ce PAS-Nutrimad a consisté à proposer aux élèves à un prix subventionné, pendant la récréation, une collation sous forme de bouillie fortifiée de haute densité énergétique et à former les instituteurs à la délivrance de messages d'éducation nutritionnelle. La bouillie, préparée à partir de matières premières locales (*maïs, arachide et sucre*), a été formulée pour qu'une ration de 350 g fournisse 18% de l'apport énergétique journalier, 25% des apports de sécurité en protéines et en acides gras essentiels, 75% des apports journaliers recommandés (AJR) en fer, zinc et vitamine A, 60% des AJR en calcium et 40% des AJR pour les autres vitamines et minéraux.

Cet article présente l'impact du PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves.

Méthodologie

L'étude a été réalisée auprès des 12893 élèves de 15 EPP de quartiers défavorisés retenues sur proposition de la circonscription scolaire (CISCO) de la commune urbaine d'Antananarivo.

Nature et origine des données recueillies

Les informations relatives à chaque élève (*sexe ; âge ; niveau scolaire ; retard scolaire ; nombre de jours d'absence et nombre de collations consommées pendant la période de mise en œuvre du PAS, soit 111 jours en moyenne*) ont été obtenues à partir des registres et feuilles de présence tenues aux niveaux des écoles ou de chaque classe. Un questionnaire distribué aux parents en cours d'année a permis d'obtenir les caractéristiques de la famille (*niveau d'éducation des parents ; biens possédés par le ménage ; taille de la fratrie ; quantité d'argent de poche donnée chaque jour à l'élève*). Les informations sur l'environnement scolaire de chaque élève correspondent, d'une part, aux réponses obtenues à des questionnaires remplis auprès des directeurs d'école (*nombre d'élèves par classe ; nombre de jours d'absence de chaque l'instituteur*) et des instituteurs pour juger de leur niveau de formation/expérience (*plus haute classe fréquentée ; diplôme le plus élevé obtenu ; durée de leur formation pédagogique initiale ; durée de leur formation pratique*) et, d'autre part, à des notes attribuées aux instituteurs par des intervenants du projet pour juger de leur niveau de participation aux activités du PAS-Nutrimad.

La moyenne des notes obtenues par chaque élève (du CP1 au CM1) aux examens de fin d'année et la réussite au CEPE des élèves de CM2 ont été recueillies en fin d'année scolaire.

Traitement des données

Les données recueillies ont été saisies dans une base de données Access puis traitées et analysées avec le logiciel *Statgraphics Plus version 5.1*. A l'exception du niveau scolaire et la nature de l'école, elles ont été synthétisées dans des variables qualitatives à trois (*absentéisme de l'élève ; niveau d'éducation des parents ; niveau économique de la famille ; importance de*

l'effectif de la classe ; niveau de formation/expérience, absentéisme et niveau de participation au PAS de l'instituteur), quatre (*retard scolaire*) ou cinq niveaux (*âge de l'élève*) après avoir défini des valeurs seuils. Concernant leur niveau de consommation de la collation, les élèves ont été répartis en trois groupes selon le nombre de collations prises pendant la période de mise en œuvre du PAS : Groupe I (<20% des AJR, soit <49 rations); Groupe II (de 20 à 40% des AJR, soit de 49 à 96 rations); Groupe III (>40% des AJR, soit >96 rations).

Pour les élèves de CP1 à CM1, les deux indicateurs de performance scolaire retenus ont été la moyenne générale de l'élève et le fait que cette moyenne soit supérieure ou non à 5/10. Pour les élèves de CM2, l'indicateur retenu a été la réussite ou non aux examens du CEPE.

Les notes moyennes correspondant à chaque niveau des facteurs pris en compte ont été comparées par analyse de variance, avant et après ajustement permettant de tenir compte de la variabilité liée aux autres facteurs. Pour les analyses univariées, le niveau de signification des différences a été obtenu par des tests de Fisher lorsque les variances correspondant aux différentes modalités pouvaient être considérées comme homogènes ($p < 0,05$; *test de Bartlett*) et par des tests de Kruskal-Wallis dans le cas contraire.

Les pourcentages d'élèves ayant obtenu au moins une moyenne de 5/10 (*CP1 au CM1*) ou le CEPE (*CM2*) ont été calculés pour chaque regroupement d'élèves correspondant à une modalité des facteurs étudiés et comparés par des tests de Chi-2.

Résultats et discussion

Facteurs déterminants de la note moyenne de fin d'année pour les élèves de CP1 à CM1

Sur l'ensemble des élèves de CP1 à CM1 des 15 écoles dont les notes de fin d'année ont pu être obtenues (8327 sur 8972, soit 92,8%), de nombreuses caractéristiques liées à l'élève (*âge ; sexe ; niveau scolaire ; absentéisme*) ainsi qu'à son environnement familial (*niveau d'éducation des parents ; niveau économique de la famille*) et scolaire (*école ; importance de l'effectif de la classe ; niveau de formation/expérience, absentéisme, niveau de participation au PAS de l'instituteur*) se sont révélées être significativement liées à la note moyenne de fin d'année (*Tableau 1*). En revanche, le retard scolaire, la taille de la fratrie, la quantité d'argent de poche donnée à l'élève et le niveau de consommation de la collation ne sont pas significativement liés à la note moyenne de fin d'année.

Si on ne prend en compte que les 6898 élèves (*soit 82,8% des élèves dont les notes sont connues*) pour lesquels la totalité des informations relatives aux facteurs pris en compte a pu être obtenue, les mêmes relations significatives entre ces facteurs et les notes de fin d'année sont observées sauf en ce qui concerne le niveau de formation/expérience de l'instituteur.

Une analyse de variance multivariée réalisée pour ces 6898 élèves en prenant en compte le niveau de consommation de la collation ainsi que l'ensemble des facteurs dont la relation avec la note moyenne de fin d'année peut être considérée comme significative avec une probabilité inférieure à 20% permet de vérifier que tous les facteurs considérés, à l'exception de la taille de la fratrie et de la quantité d'argent de poche donnée à l'élève, ont un effet hautement significatif sur la note moyenne de fin d'années des élèves quand on s'affranchit de la variabilité liée aux autres facteurs (*tableau 1*).

Les effets des différents facteurs sur la note moyenne de fin d'année se caractérisent par l'obtention de moyennes (i) plus élevées pour les filles que pour les garçons (*Figure 1a*), (ii) d'autant plus élevées que les élèves sont plus jeunes, qu'ils font partie d'une classe correspondant à un niveau scolaire moins avancé, qu'ils sont moins souvent absents (*Figure 1b*) et qu'ils ont un retard scolaire plus important, (iii) plus élevées lorsque les parents ont un niveau d'éducation (*figure 1c*) ou la famille un niveau économique moyens ou élevés que quand ces niveaux sont faibles, (iv) plus élevées quand le niveau de participation de

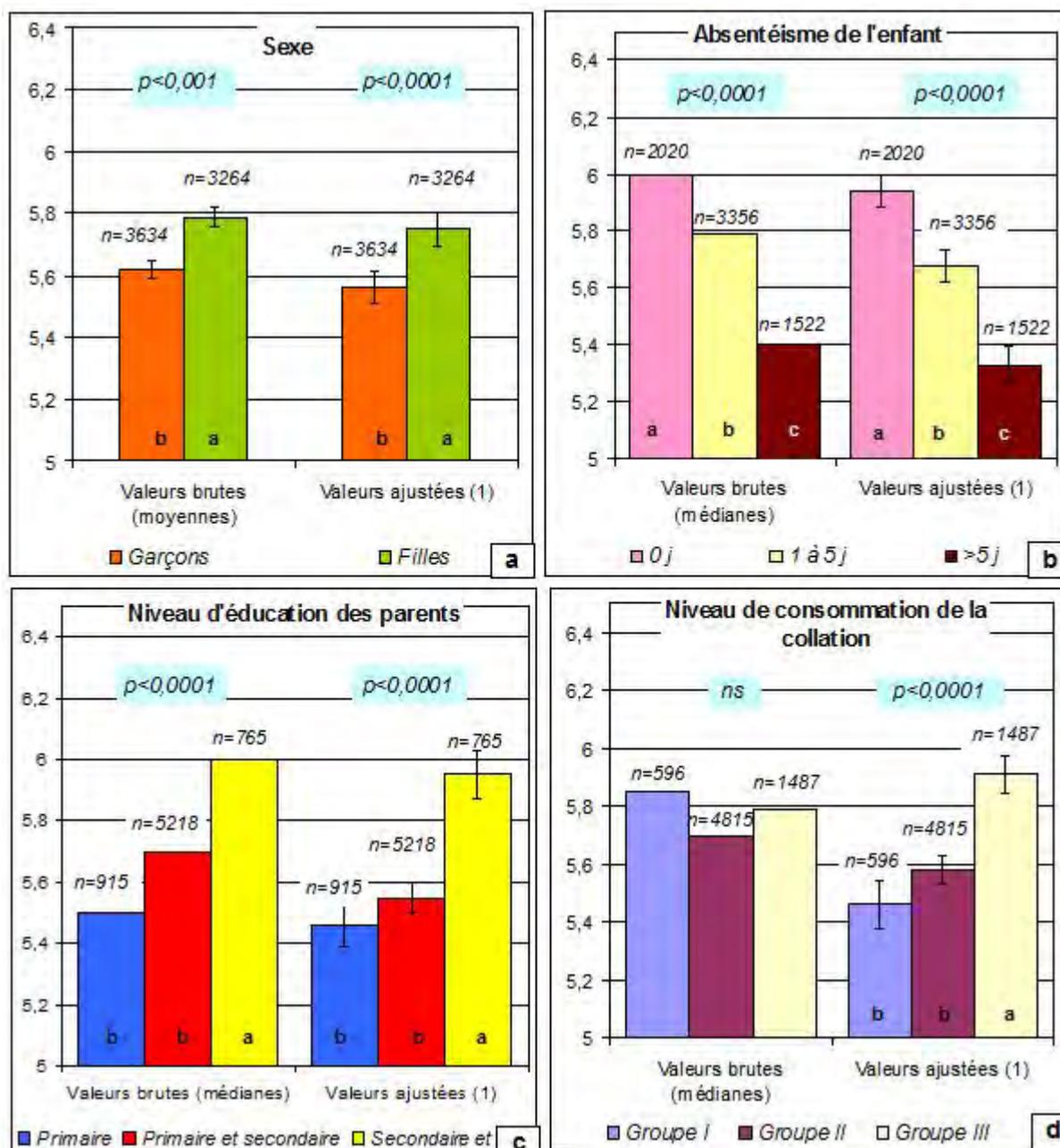
l'instituteur au PAS est moyen ou élevé que quand ce niveau est faible, et (ν), de manière inattendue, plus faibles quand l'instituteur n'a jamais été absent. Le niveau de consommation de la collation dont l'association avec la moyenne de fin d'année est loin d'être significative ($p=0,63$) dans le cas d'une analyse univariée se révèle être un facteur influent de manière hautement significative ($p<0,0001$) lorsque l'on tient compte de la variabilité liée aux autres facteurs. La moyenne ajustée obtenue pour les élèves du groupe ayant le niveau de consommation le plus élevé (5,91/10) est significativement meilleure (Figure 1d) que celles des élèves ayant eu un niveau de consommation faible (5,46/10) ou moyen (5,58/10).

Tableau 1: Identification des facteurs qui influent sur les notes moyennes de fin d'année (brutes ou ajustées) des élèves du CP1 à CM1.

	Ensemble des élèves		Elèves pour lesquels des informations complètes ont pu être recueillies	
	Effectif	Nds	N= 6898	
	Valeurs brutes ¹		Valeurs ajustées ²	
Caractéristiques de l'élève				
Âge	8316	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Sexe	8327	p<0,0001	p<0,001	p<0,0001
Niveau scolaire	8327	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Absentéisme	8327	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Retard scolaire	8316	ns	p<0,05	p<0,001
Niveau de consommation de la collation	8327	ns	ns ($p=0,63$)	p<0,0001
Caractéristiques de la famille				
Niveau d'éducation des parents	7414	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Taille de la fratrie	7722	ns	ns ($p=0,08$)	ns
Niveau économique	7723	p<0,001	p<0,01	p<0,0001
Quantité d'argent de poche	7722	ns	ns ($p=0,11$)	ns
Environnement scolaire				
Ecole	8327	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Importance de l'effectif de la classe	8327	p<0,01	p<0,05	p<0,05
Niv. Formation/expérience instituteur	7738	p<0,05	ns ($p=0,14$)	p<0,01
Absentéisme de l'instituteur	8327	p<0,0001	p<0,0001	p<0,0001
Niv. de participation de l'instituteur	8327	p<0,05	p<0,05	p<0,0001

¹ Anova à un facteur : test de Fisher (caractère normal) ou Test de Kruskal-Wallis (en caractère gras).

² Ajustement réalisé en prenant en compte l'ensemble des facteurs.



(1) Moyennes ajustées (\pm erreur type) tenant compte de l'âge, du sexe, du niveau scolaire et de l'absentéisme des élèves, du niveau d'éducation de leurs parents, du niveau économique de leur famille, de leur école d'appartenance, de l'importance de l'effectif de leur classe ainsi que du niveau de formation/expérience, de l'absentéisme et du niveau de participation au PAS de l'instituteur.

Figure 1: Effets du sexe, de l'absentéisme de l'élève, du niveau d'éducation des parents et du niveau de consommation de la collation sur la moyenne générale des élèves du CP1 au CM1

Facteurs influents sur l'obtention de la moyenne (CP1 à CM1) et sur la réussite au CEPE (CM2)

Dans le tableau 2 sont détaillés, lorsqu'ils sont significatifs, les effets des caractéristiques liées à l'élève, à sa famille et à son environnement scolaire sur les pourcentages d'élèves de CP1 à CM1 ayant obtenu aux examens de fin d'année une note moyenne supérieure à 5/10 et sur le pourcentage de réussite au CEPE des élèves de CM2. Les autres facteurs pris en compte (*sexe de l'élève, taille de sa fratrie et quantité d'argent de poche donnée à l'élève*) se sont révélés non significativement liés à ces pourcentages. Les pourcentages d'élèves de CP1 à CM1 obtenant une note de fin d'année supérieure à la moyenne sont d'autant plus élevés qu'ils appartiennent à un niveau scolaire plus faible. L'obtention d'une note de fin d'année supérieure à la moyenne ou la réussite au CEPE est d'autant plus fréquente que les élèves sont

moins souvent absents, que le niveau économique de leur famille est plus élevé, que l'effectif de leur classe est plus faible et que le niveau de participation de leur instituteur au PAS est plus élevé. D'autres facteurs se sont révélés être en relation significative soit avec l'obtention par les élèves de CP1 à CM1 d'une note finale de fin d'année supérieure à la moyenne (*niveau d'éducation des parents*), soit avec la réussite des élèves de CM2 au CEPE (*retard scolaire, niveau de formation/expérience des instituteurs*).

Les élèves sont proportionnellement d'autant plus nombreux à obtenir une note de fin d'année supérieure à la moyenne ou à réussir au CEPE qu'ils appartiennent à un groupe dont le niveau de consommation est plus élevé. L'effet du niveau de consommation des collations est particulièrement important pour les élèves de CM2 qui sont, respectivement 64, 74 et 83% à obtenir le CEPE selon qu'ils appartiennent au groupe I, II ou III.

Tableau 2: Influence de certaines caractéristiques liées à l'élève, à sa famille et à son environnement scolaire sur les performances scolaires des élèves de CP1 à CM1 et de CM2.

		CP1 à CM1			CM2		
		<i>effectif</i>	Moyenne ≥ 5/10	<i>Nds</i> <i>Test de χ²</i>	<i>effectif</i>	Réussite au CEPE	<i>Nds</i> <i>Test de χ²</i>
Caractéristiques de l'élève							
Niveau scolaire	<i>CP1</i>	1782	76,0 ^a	<0,0001			
	<i>CP2</i>	2456	71,1 ^b				
	<i>CE</i>	2212	66,4 ^c				
	<i>CM1</i>	1877	62,7 ^d				
Absentéisme	<i>0 jour</i>	2463	74,1 ^a	<0,0001	1110	80,1 ^a	<0,0001
	<i>1 à 5 jours</i>	3952	69,0 ^b		1165	78,5 ^a	
	<i>> 5 jours</i>	1912	62,3 ^c		331	64,9 ^b	
Retard scolaire	<i>0</i>	3488	69,2	<i>ns</i>	473	81,5 ^a	<0,05
	<i>1 an</i>	2047	68,1		524	77,8 ^{ab}	
	<i>2 ans</i>	1351	68,8		652	78,5 ^{bc}	
	<i>Plus de 2 ans</i>	1430	69,8		948	74,5 ^c	
Niveau de consommation de la collation	<i>Groupe I</i>	788	66,7 ^b	<0,001	122	64,7 ^c	<0,0001
	<i>Groupe II</i>	5808	68,3 ^b		1406	74,2 ^b	
	<i>Groupe III</i>	1731	72,9 ^a		1078	83,2 ^a	
Caractéristiques de la famille							
Niveau d'éducation des parents	<i>Primaire</i>	981	64,8 ^c	<0,0001	197	77,2	<i>ns</i>
	<i>Primaire/secondaire</i>	5621	69,3 ^b		1678	79,3	
	<i>Secondaire et plus</i>	812	77,3 ^a		438	78,1	
Niveau économique	<i>Faible</i>	2108	65,7 ^b	<0,001	387	74,7 ^b	<0,05
	<i>Moyen</i>	3451	71,1 ^a		1107	80,9 ^a	
	<i>Elevé</i>	2164	70,2 ^a		873	78,3 ^a	
Environnement scolaire							
Importance de l'effectif par classe	≤ 45	2437	71,8 ^a	<0,0001	391	93,1 ^a	<0,0001
	46 à 60	4143	69,0 ^b		2153	75,1 ^b	
	> 60	1747	65,1 ^c		62	61,3 ^c	
Niveau de formation/expérience de l'instituteur	≤ 52	2037	69,9	<i>ns</i>	792	74,7 ^b	<0,001
	53 à 70	4273	69,3		1369	76,9 ^b	
	> 70	1428	67,2		347	85,0 ^a	
Niveau de participation au PAS de l'instituteur	<i>Faible</i>	975	64,4 ^c	<0,001	344	66,3 ^c	<0,0001
	<i>Moyen</i>	3621	68,3 ^b		1273	72,6 ^b	
	<i>Elevé</i>	3731	70,8 ^a		897	89,3 ^a	

Pour chaque facteur les pourcentages non suivis d'une lettre commune peuvent être considérés comme statistiquement différents à un niveau d'au moins 0,05% (Tests de χ^2 réalisés en considérant les différentes modalités deux à deux).

Conclusion

De nombreux facteurs influent sur les performances scolaires des élèves des EPP des quartiers défavorisés d'Antananarivo. En tenant compte de la variabilité liée à ces facteurs, il est possible de mettre en évidence un effet hautement significatif de la consommation régulière de collations fortifiées sur la note moyenne de fin d'année des élèves de CP1 à CM1 qui se traduit, par ailleurs, par une réduction de moitié du pourcentage d'élèves échouant au CEPE.

Ces résultats sont conformés à ceux précédemment obtenus au Bangladesh par Ahmed (2004) et en Inde par Vazir *et al.* (2006) ainsi qu'aux conclusions de Caldes et Ahmed (2004) après une synthèse de travaux sur les effets de PAS sur différents indicateurs de la scolarité.

Références bibliographiques

Ahmed AU. *Impact of feeding children in school: evidence of Bangladesh*. Washington: IFPRI, 2004; 60 p.

Caldes N, Ahmed AU. *Food for education: a review of program impacts*. Washington: IFPRI, 2004, 39 p.

CISCO (Circonscription Scolaire) Antananarivo. Direction des examens, 2006.

Laillou A, de Sesmaisons A, Ralison R, Monvois C, Trèche S. Distributing fortified and high energy density gruel to reduce the failure rate and improve nutritional status of Antananarivo schoolchildren. *Sight and Life Newsletter* 2005; 2:22-26.

Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad School Feeding Program: Impact on failure rate and nutritional status of schoolchildren in Madagascar. *Sight and Life Newsletter* 2006; N°2: 4-9.

MEN (Ministère de l'Éducation Nationale). Direction de l'Éducation Fondamentale et Préscolaire. Service des examens. *Statistique CEPE par Faritany, par Dren et par Cisco*. 2009.

MINSANPF, MENRS, ONN, MAEP. *Le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire*. Ministère de la Santé et du Planning familial (PNANSS). Antananarivo: République de Madagascar, 2006 ; 15 p.

Vazir S, Nagalla B, Thangiah V, Kamasamudram V, Bhattiprolu S. Effect of micronutrient supplement on health and nutritional status of schoolchildren: mental function. *Nutrition* 2006; 22: 26S–32S.

Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du Programme d'alimentation scolaire du programme NUTRIMAD financé par la Région Île-de-France. Elle a reçu l'appui de l'Agence Universitaire de la Francophonie (AUF) et de l'IRD. Nous remercions les directeurs d'écoles, les instituteurs, les élèves et leurs parents pour leur coopération.

Introduction

« Améliorer l'état nutritionnel et de santé des enfants d'âge scolaire en vue de contribuer à l'amélioration de leur performance scolaire » constitue l'objectif général du Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS) 2000 élaboré à l'initiative du gouvernement malgache.

Le programme Nutrimad a contribué à cet objectif en mettant en œuvre dans 15 écoles primaires publiques (EPP) de la CU d'Antananarivo (Lallier et al., 2006), un programme d'alimentation scolaire en 2004-2005. Ce PAS-Nutrimad a consisté à proposer à prix subventionné aux enfants, pendant la récréation, une collation sous forme de bouillie fortifiée de haute densité énergétique et à former les instituteurs pour qu'ils leur délivrent des messages d'éducation nutritionnelle. Ce poster présente l'impact du PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves de ces 15 EPP.



Localisation des 15 écoles primaires publiques du PAS-Nutrimad

Après ajustement tenant compte de la variabilité liée aux autres facteurs, les effets de ces caractéristiques sur la note moyenne (élèves de CP1 à CM2), en particulier le sexe et l'absentéisme des enfants et le niveau d'éducation des parents, restent hautement significatifs tandis que l'effet de la consommation de la collation du PAS-Nutrimad le devient ($p < 0,0001$).

Variables prises en compte dans l'analyse de variance à plusieurs facteurs	Niveau de signification après ajustement	Variation du niveau de signification après ajustement
Âge		↔
Sexe		↔
Classe		↔
Absentéisme de l'enfant		↔
Niveau de consommation de la collation	$p < 0,0001$	↔
Niveau d'éducation des parents		↔
Absentéisme de l'instituteur		↔
Participation de l'instituteur au PAS		↔
École		↔
Biens possédés par les parents	$p < 0,001$	↔
Formation et expérience de l'instituteur	$p < 0,01$	↔
Nombre d'élèves par classe		↔
Retard scolaire	$p < 0,05$	↔

Méthodologie

Sujets: 12893 élèves des 15 EPP de quartiers défavorisés retenues sur proposition de la circonscription scolaire (CISCO) de la CU d'Antananarivo

Informations recueillies

Les informations obtenues dans les écoles, auprès des directeurs et par l'organisation de relevés réguliers, et auprès des parents par questionnaire ont porté sur les enfants (âge, sexe, classe, absentéisme, retard scolaire, niveau de consommation de la collation Nutrimad), sur leur famille (niveau d'éducation des parents, nombre d'enfants à charge, biens possédés, quantité d'argent de poche donné à l'enfant) et sur leur environnement scolaire (école; nombre d'élèves par classe; formation et expérience, absentéisme et participation aux activités du PAS-Nutrimad de l'instituteur).

- À l'exception du sexe, de la classe et de l'école, les informations recueillies ont été synthétisées dans des variables qualitatives après avoir défini des valeurs seuils permettant de regrouper, pour chacune d'entre elles (sauf l'âge), les enfants en trois catégories.
- La moyenne générale des notes obtenues par chaque élève (de CP1 à CM2) et la réussite au CEPE (sur 10 de CM2) ont été recueillies en fin d'année scolaire.
- En ce qui concerne le niveau de consommation de la collation Nutrimad, les enfants ont été répartis en 3 groupes en fonction du % de couverture par la collation de leurs apports journaliers recommandés (AJR) en fer, zinc et vitamine A pendant les 6 mois du fonctionnement du PAS-Nutrimad: Groupe 1: < 20% des AJR (soit < 49 rations); Groupe 2: de 20 à 40% des AJR (soit de 49 à 96 rations); Groupe 3: > 40% des AJR (soit > 96 rations).

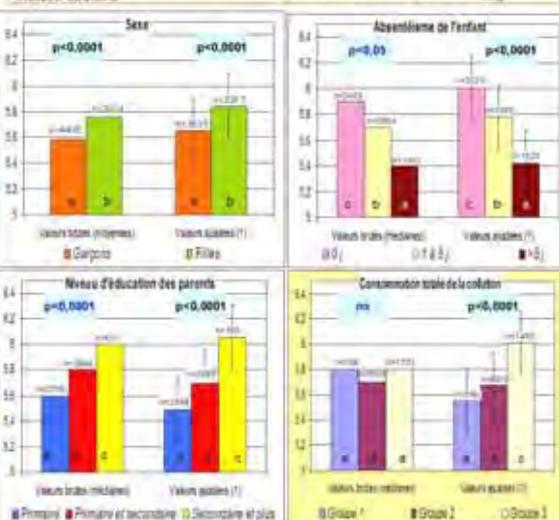
Traitement des données

- Comparaison, par analyse de variance, des notes moyennes correspondant à chaque niveau des variables étudiées, avant et après ajustement permettant de tenir compte de la variabilité liée aux autres variables étudiées;
- Comparaison par test de Chi2 des pourcentages d'enfants ayant obtenu la moyenne (CP1 à CM2) ou le CEPE (CM2) entre les groupes correspondant aux différents niveaux des variables étudiées.

Résultats

De nombreuses caractéristiques de l'enfant et de son environnement familial et scolaire sont significativement liées à la note moyenne et au % d'enfants ayant au moins obtenu la note de 5/10 ou le CEPE

Caractéristiques de l'enfant	CP1 au CM1		CM2	
	effectif	Moyenne générale (sur 10)	% au dessus de la moyenne	Obtention du CEPE
Âge	8318	$p < 0,05$	$p < 0,001$	2597 $p < 0,05$
Sexe	8329	$p < 0,0001$	$p < 0,01$	2606 ns
Classe	8329	$p < 0,05$	$p < 0,0001$	2606 ns
Absentéisme	8329	$p < 0,05$	$p < 0,0001$	2606 $p < 0,0001$
Retard scolaire	8329	ns	ns	2606 $p < 0,05$
Niveau de cons. de la collation	8329	ns	$p < 0,0001$	2606 $p < 0,0001$
Caractéristiques de la famille				
Niveau d'éducation des parents	7416	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	2313 ns
Nombre d'enfants à charge	7724	ns	ns	2368 ns
Biens possédés	7725	$p < 0,0001$	$p < 0,0001$	2367 $p < 0,05$
Quantité d'argent de poche	7724	ns	ns	2367 ns
Environnement scolaire				
École	8329	$p < 0,05$	$p < 0,0001$	2606 $p < 0,0001$
Nombre d'élèves par classe	8329	$p < 0,01$	$p < 0,0001$	2606 $p < 0,0001$
Formation/expérience de l'instituteur	7740	$p < 0,05$	ns	2308 $p < 0,001$
Absentéisme de l'instituteur	8329	$p < 0,05$	$p < 0,0001$	2606 $p < 0,0001$
Participation de l'instituteur au PAS	8329	$p < 0,05$	$p < 0,0001$	2574 $p < 0,0001$



1) Répartition par sexe, 2) Répartition par l'absence de la famille de son environnement scolaire (Lallier et al., 2006)

Certains facteurs, en particulier l'absentéisme, le niveau d'éducation des parents, le nombre d'élèves par classe ainsi que l'expérience et la motivation de l'instituteur, influent notablement sur les % d'enfants obtenus une note moyenne > 5/10 ou réussissant au CEPE. La consommation régulière de la collation du PAS-Nutrimad permet de diminuer du quart le % d'enfants n'obtenant pas la note de 5/10 et de moitié celui des enfants échouant au CEPE.

Variables	% de note > 5/10	% de Réussite au CEPE	% de note > 5/10	% de Réussite au CEPE
Sexe	Garçons 44,6% 72,8	44,6% 75,2	44,6% 75,2	44,6% 75,2
Absentéisme	0/ 14,5	14,5% 74,3	14,5% 74,3	14,5% 74,3
Retard scolaire	> 5/ 66,7	66,7% 81,5	66,7% 81,5	66,7% 81,5
Niveau de consommation de la collation	1 70,8	70,8% 74,2	70,8% 74,2	70,8% 74,2
Niveau d'éducation des parents	1 71,0	71,0% 74,2	71,0% 74,2	71,0% 74,2
Biens possédés par la famille	Faible 70,3	70,3% 74,7	70,3% 74,7	70,3% 74,7
Formation et expérience de l'instituteur	Moyen 75,5	75,5% 80,9	75,5% 80,9	75,5% 80,9
Absentéisme de l'instituteur	0 jour 70,1	70,1% 84,0	70,1% 84,0	70,1% 84,0
Participation au PAS de l'instituteur	Faible 68,1	68,1% 86,3	68,1% 86,3	68,1% 86,3
Élève	75,7	75,7% 89,3	75,7% 89,3	75,7% 89,3

Conclusion

L'amélioration sensible de la couverture des besoins nutritionnels des enfants ayant le plus participé au PAS-Nutrimad s'est traduite par une amélioration significative de leur moyenne générale lorsque l'on tient compte de la variabilité liée aux autres facteurs influant sur leurs performances scolaires. Cette amélioration est particulièrement sensible au niveau des % d'enfants ayant obtenu une note moyenne > 5/10 aux examens de fin d'année (CP1 à CM2) ou ayant réussi au CEPE (CM2) permettant ainsi de diminuer sensiblement les taux de redoublement.

Références
 PNANSS. Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS) (MINS, MAF, ANAS, IRD, Madagascar, 2000)
 Lallier A, Anand L, Rambeison M, Rakotonirainy C, Mavon C, Treche S. The Malnutrition chronic disease programme: impact on children's food and nutritional intake (J. Nutrition, 2006; 136: 1075-1080)

Remerciements: Ce travail a été réalisé dans le cadre du Programme d'Alimentation scolaire du programme NUTRIMAD financé par le Ministre de l'Éducation Nationale. Elle a été financée par le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS) coordonné par le Ministère de l'Éducation Nationale et le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS) coordonné par le Ministère de l'Éducation Nationale et le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire (PNANSS).

Chapitre 3 :

Comparaison de l'état nutritionnel et des performances scolaires des élèves d'écoles primaires publiques d'Antananarivo ayant bénéficié ou non de la mise en œuvre du PAS-Nutrimad en 2005-2006

Introduction

La mise en œuvre, au cours de l'année scolaire 2004-2005, d'un PAS au niveau de 15 écoles primaires publiques d'Antananarivo a mis en évidence des impacts positifs sur l'état nutritionnel, sur le taux de fréquentation scolaire et sur les résultats scolaires des élèves (Laillou *et al*, 2006 ; Cf. *partie V-Chapitres 1 et 2*). Ces observations concordent avec les résultats d'études antérieures d'évaluation de programmes d'alimentation scolaire menées dans différents pays qui ont mis en évidence des améliorations des capacités cognitives, des taux de scolarisation et de fréquentation scolaire, de la consommation alimentaire et de l'état nutritionnel des élèves bénéficiaires de ce type de programmes (Grantham Mc Gregor *et al*, 1998 ; Cueto *et al*, 2000 ; Ash *et al*, 2003 ; Whaley *et al*, 2003 ; Caldes & Ahmed, 2004 ; Rameshwar *et al*, 2006 ; Brown *et al*, 2008).

Les premières études d'évaluation menées en 2004-2005 dans le cadre du PAS-Nutrimad avaient été réalisées dans 15 écoles primaires publiques (EPP) bénéficiant toutes du PAS-Nutrimad en se limitant à comparer le taux de fréquentation scolaire, l'état nutritionnel et les performances scolaires de groupes d'élèves ayant eu des niveaux de consommation plus ou moins élevés des aliments fortifiés proposés dans le cadre de la stratégie (Cf. *partie V-Chapitres 1 et 2*). Pour compléter ces études, le programme Nutrimad a mis en place en 2005-2006 une autre étude, objet du présent chapitre, visant à comparer l'état nutritionnel et les performances scolaires d'élèves fréquentant des écoles bénéficiant ou non du PAS- Nutrimad.

Méthodologie

1. Lieu de l'étude et population cible

L'étude a été réalisée pendant l'année scolaire 2005-2006 auprès des 15 EPP qui avaient bénéficié du PAS-Nutrimad au cours de l'année scolaire 2004-2005 et de huit autres écoles de la Commune Urbaine d'Antananarivo qui n'avaient jamais bénéficié auparavant de la mise en œuvre d'un PAS. Ces huit écoles destinées à servir d'écoles témoins pour l'étude ont été choisies dans une liste d'écoles proposées par la CISCO d'Antananarivo pour bénéficier par la suite du PAS Nutrimad. Le choix a été fait de façon à ce que les nouvelles écoles aient des caractéristiques (*taille, type de quartier, etc.*) les plus comparables possibles à celles des 15 premières EPP.

2. Recueil des informations relatives aux caractéristiques des élèves, de leur famille et de leur environnement scolaire

Les caractéristiques des élèves (*date de naissance, sexe, niveau scolaire, taux d'absentéisme*) et le nombre de collations consommées pendant l'année par ceux fréquentant les écoles bénéficiaires ont été recueillis à partir des registres des écoles. Les élèves des écoles d'intervention ont été classés en deux groupes selon qu'ils avaient consommé ou non plus de 80 collations pendant la période d'environ six mois qu'a duré l'intervention.

Celles d'ordre démographique et socio-économique ont été obtenues auprès des élèves et de leurs parents en leur demandant de remplir une fiche de renseignements concernant le niveau d'éducation des parents, la taille de la fratrie, la quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, l'existence d'un raccordement du domicile familial au réseau électrique, la possession de certains biens (*radio, télévision, table et mobilier de salon*) identifiés au cours d'enquêtes antérieures pour être de bons indicateurs du niveau économique des familles.

Les informations relatives aux infrastructures existantes (*raccordement au réseau routier par route goudronnée, raccordement au réseau téléphonique*) ou aux services directement accessibles (*présence d'un lycée, d'un poste de police ou d'une gendarmerie, d'une banque*) dans le quartier où l'école est située ont été recueillies auprès des directeurs des écoles.

Des renseignements concernant l'effectif de la classe et l'instituteur de chaque élève ont été obtenus auprès des directeurs d'écoles et des instituteurs.

3. Evaluation de l'état nutritionnel des élèves

L'état nutritionnel des élèves a été évalué à partir de mesures anthropométriques réalisées en début (*septembre à octobre 2005*) et en fin (*mai à juin 2006*) d'année scolaire.

Le poids et la taille des élèves ont été déterminés à partir de pesées réalisées sur des pèse-personnes digitaux et de mesures effectuées à l'aide d'une toise en position debout (*Cf. Partie V-Chapitre 1*). Les indicateurs de l'état nutritionnel sont identiques à ceux utilisés dans l'étude réalisée l'année précédente dans les 15 EPP (*Cf. Partie V-Chapitre 1*).

4. Evaluation des performances scolaires des élèves

L'évaluation des performances scolaires des élèves des 23 écoles a été réalisée, d'une part, en collectant à chaque examen bimestriel et pour chaque élève, les notes obtenues par les élèves de CP1 au CM1 et, d'autre part, en s'informant en fin d'année de la réussite ou non au CEPE de chaque élève de CM2.

5. Analyse des données

L'ensemble des données collectées ont été saisies dans une base de données *Access* puis vérifiées et traitées avec les logiciels *Epidata* et *Epi-Info analysis*. Certains traitements statistiques ont été effectués avec *Statgraphics Plus version 5.0*. Des tests de χ^2 ont été réalisés entre variables qualitatives prises deux à deux en vue de rechercher l'existence entre elles d'éventuelles relations statistiquement significatives. Des analyses de variance univariées ont été utilisées pour comparer les effets de différentes modalités d'un facteur sur des variables quantitatives. Des analyses de variance multivariées ont permis de vérifier que les effets de certains facteurs persistaient lorsqu'on tenait compte de la part de la variabilité liée à d'autres facteurs susceptibles de jouer le rôle de facteurs de confusion. L'analyse a principalement consisté à comparer en fin d'année scolaire:

- l'état nutritionnel des élèves (*croissance en taille, prise de poids, évolution des Z-scores moyens et des prévalences de malnutrition*) des deux groupes d'écoles et en fonction du niveau de consommation de la collation ;
- les résultats scolaires (*moyenne générale des examens bimestriels et obtention de notes supérieures à 5/10, réussite au CEPE des élèves de CM2*) obtenus par les élèves des deux groupes d'écoles et en fonction du niveau de consommation de la collation.

Des variables synthétiques permettant de regrouper et de décrire certaines caractéristiques des élèves, de leurs familles ou des quartiers dans lesquels sont localisées les écoles ont été définies en utilisant les mêmes méthodes que celles utilisées dans la Partie V-Chapitres 1 et 2.

Résultats et discussion

1. Effet du PAS-Nutrimad sur l'état nutritionnel des élèves

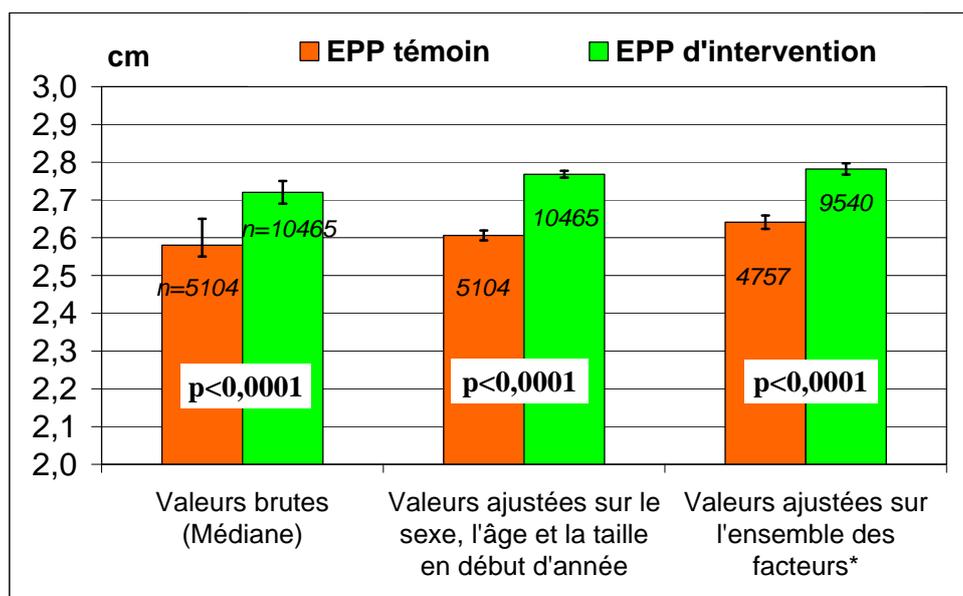
1.1. Croissance en taille et prise de poids au cours de la période d'intervention

L'effet de l'intervention sur l'état nutritionnel des élèves a tout d'abord été recherché en comparant leur croissance en taille et leur prise de poids au cours de l'année scolaire selon qu'ils fréquentaient des écoles ayant bénéficié ou non du PAS Nutrimad et en tenant compte de leur niveau de consommation dans les écoles bénéficiaires. La croissance en taille et la prise de poids ont été obtenues pour chaque enfant en soustrayant de leur taille et de leur poids en fin d'année scolaire (*pesée réalisée entre le 25/04 et le 19/05/2006*) leur taille et leur poids en début d'année scolaire (*pesée réalisée entre le 17/10 et le 13/12/2005*). Dans la mesure où le temps écoulé entre les mesures anthropométriques effectuées en début et en fin d'année dans les différentes écoles a varié selon les écoles entre 4,82 et 6,81 mois, les différences de taille et de poids entre les mesures ont été corrigées de façon à ce qu'elles correspondent à une période théorique de 6 mois.

1.1.1. Croissance en taille

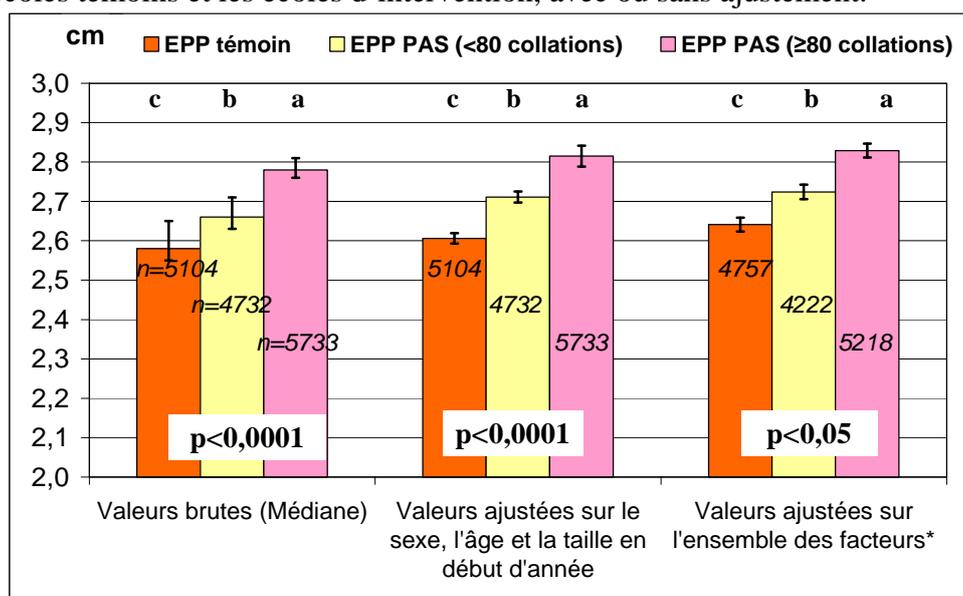
Les croissances en taille sur une période de 6 mois selon que les élèves fréquentaient des écoles avec ou sans PAS et selon leur niveau de consommation des collations sont comparées sur les figures V/3-1 et V/3-2. Les variances des moyennes obtenues par groupe d'écoles ou par niveau de consommation ne pouvant pas être considérées comme homogènes (*test de Bartlett ; $p < 0,01$*), les valeurs données sont les médianes des valeurs obtenues.

La croissance en taille est significativement plus élevée dans les écoles d'intervention que dans les écoles témoins (2,72 vs 2,58 cm ; *test de Kruskal-Wallis ; $p < 0,0001$*) et pour les élèves ayant consommé plus de 80 collations que pour les autres (respectivement, 2,78 cm, 2,66 et 2,58 pour les élèves des EPP-PAS avec ≥ 80 collations, ceux des EPP-PAS avec moins de 80 collations et ceux des EPP témoins ; *test de Kruskal-Wallis ; $p < 0,0001$*).



* ajustées sur l'âge, le sexe, le niveau scolaire, le retard scolaire, le niveau d'éducation des parents, le niveau économique de la famille ; la quantité d'agent de poche donnée à l'enfant, la taille de la fratrie et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier (moyennes ajustées \pm erreur-type).

Figure V/3-1 : Comparaison de la croissance en taille des élèves sur une période de 6 mois dans les écoles témoins et les écoles d'intervention, avec ou sans ajustement.



* ajustées sur l'âge, le sexe, le niveau scolaire, le retard scolaire, le niveau d'éducation des parents, le niveau économique de la famille ; la quantité d'agent de poche donnée à l'enfant, la taille de la fratrie et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier (moyennes ajustées \pm erreur-type) - Les moyennes non accompagnées de lettres identiques sont significativement différentes au niveau de signification indiqué

Figure V/3-2 : Effets du niveau de consommation des élèves sur leur croissance en taille sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement.

Les croissances en taille des élèves ont ensuite été comparées en prenant en compte comme facteurs de confusion, l'âge des élèves au moment où ils ont été l'objet des premières mesures anthropométriques, leur sexe et leur taille en début d'année. L'analyse à plusieurs facteurs réalisée montre la persistance de différences hautement significatives ($p < 0,0001$), d'une part, entre écoles ayant bénéficié ou pas du PAS (2,77 cm vs 2,61 cm ; figure V/3-1) et selon le niveau de consommation (2,61 cm dans les EPP témoins, 2,71 cm pour les élèves des EPP-

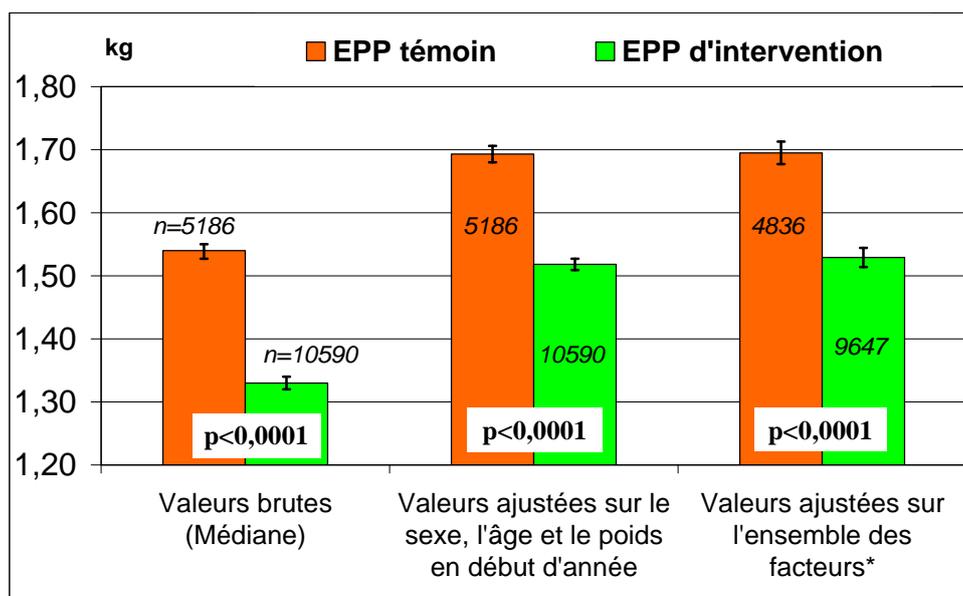
PAS avec moins de 80 collations et 2,82 cm pour les élèves des EPP-PAS avec ≥ 80 collations ; *figure V/3-2*).

Afin de pouvoir tenir compte d'éventuels autres facteurs de confusion, il a tout d'abord été procédé à l'identification de ceux qui étaient à la fois significativement liés à l'appartenance à l'un ou l'autre des deux groupes d'écoles (EPP témoin / EPP d'intervention) ou à l'un des trois niveaux de consommation, et qui, par ailleurs, influaient significativement sur la croissance en taille pendant les 6 mois d'intervention. Tous les facteurs pris en compte se sont avérés significativement liés, d'une part au niveau de consommation et, sauf le sexe et le niveau scolaire (qui ont néanmoins été conservés pour les analyses) au groupe d'école et, d'autre part, à la croissance en taille pendant les 6 mois d'intervention. En définitive, les facteurs pris en compte dans les analyses multivariées ont donc été l'âge des élèves au moment des premières mesures, leur sexe, leur niveau scolaire, leur retard scolaire, le niveau d'éducation de leurs parents, le niveau économique de leur famille, la quantité d'agent de poche dont ils disposent, la taille de leur fratrie et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier dans lequel se trouve leur école. Les moyennes ajustées obtenues restent significativement différentes entre les élèves des deux groupes d'écoles (respectivement, 2,64 et 2,78 cm pour les EPP témoins et les EPP d'intervention ; $p < 0,0001$) et pour les trois niveaux de consommation (respectivement, 2,64 cm, 2,72 cm et 2,83 cm pour les élèves des EPP témoins, ceux des EPP-PAS ayant consommé moins de 80 collations et ceux des EPP-PAS avec ≥ 80 collations ; $p < 0,05$).

1.1.2. Prise de poids

Les prises de poids sur une période de 6 mois selon que les élèves fréquentaient des écoles avec ou sans PAS et selon leur niveau de consommation des collations sont comparées sur les figures V/3-3 et V/3-4. Les variances des moyennes obtenues par groupe d'écoles ou par niveau de consommation ne pouvant pas être considérées comme homogènes (*test de Bartlett* ; $p < 0,01$), les valeurs données sont les médianes des valeurs obtenues.

De manière inattendue, la prise de poids est significativement plus élevée dans les écoles témoins que dans les écoles d'intervention (1,54 vs 1,33 kg ; *test de Kruskal-Wallis* ; $p < 0,0001$) même si l'on compare les élèves des écoles témoins avec ceux des écoles d'intervention ayant consommé ≥ 80 collations (respectivement, 1,54 kg, 1,19 kg et 1,46 kg pour les élèves des EPP témoins, ceux des EPP-PAS avec moins de 80 collations et ceux des EPP-PAS avec ≥ 80 collations ; *test de Kruskal-Wallis* ; $p < 0,0001$).

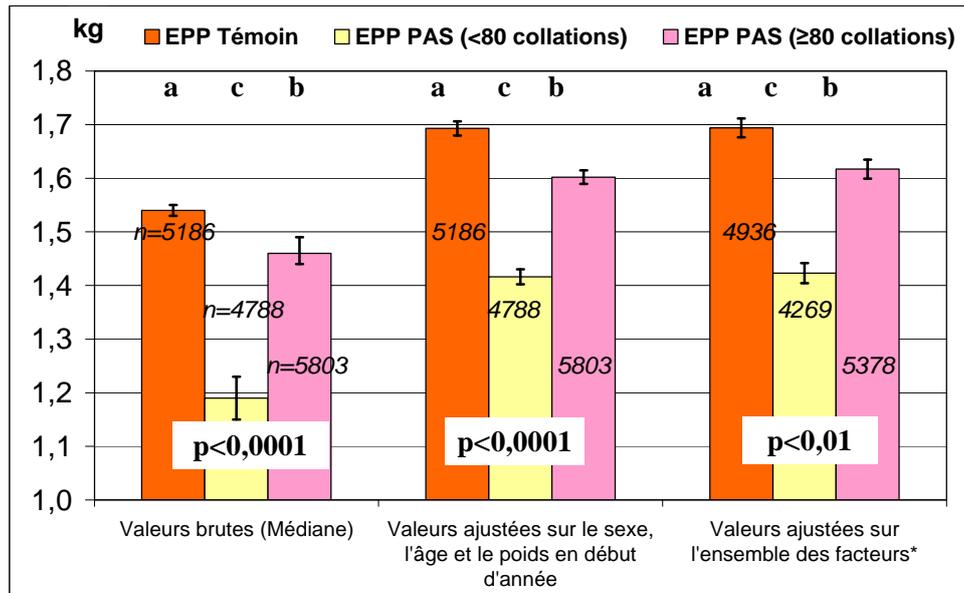


* ajustées sur l'âge, le niveau scolaire, le retard scolaire, le niveau d'éducation des parents, le niveau économique de la famille ; la quantité d'agent de poche donnée à l'enfant, la taille de la fratrie et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier (moyennes ajustées \pm erreur-type).

Figure V/3-3 : Comparaison de la prise de poids des élèves sur une période de 6 mois dans les écoles témoins et les écoles d'intervention, avec ou sans ajustement.

Les prises de poids ont ensuite été comparées en prenant en compte comme facteurs de confusion, l'âge des élèves au moment où ils ont été l'objet des premières mesures anthropométriques, leur sexe et leur poids en début d'année. L'analyse à plusieurs facteurs réalisée montre la persistance de différences hautement significatives ($p < 0,0001$), d'une part, entre écoles ayant bénéficié ou non du PAS (1,52 vs 1,69 kg ; *figure V/3-3*) et selon le niveau de consommation (1,69 kg dans les EPP témoins, 1,42 kg pour les élèves des EPP-PAS avec moins de 80 collations et 1,60 kg pour les élèves des EPP-PAS avec ≥ 80 collations ; *figure V/3-4*).

Après avoir vérifié que tous les facteurs de confusion potentiels précédemment considérés influent significativement sur la prise de poids pendant les 6 mois d'intervention, une analyse multivariée prenant en compte l'âge des élèves au moment des premières mesures, leur sexe, leur niveau scolaire, leur retard scolaire, le niveau d'éducation de leurs parents, le niveau économique de leur famille, la quantité d'agent de poche dont ils disposent, la taille de leur fratrie et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier dans lequel se trouve leur école a été réalisée. Les moyennes ajustées obtenues restent significativement différentes entre les deux groupes d'écoles (respectivement, 1,69 kg et 1,53 kg pour les EPP témoins et les EPP d'intervention ; $p < 0,0001$) et pour les trois niveaux de consommation (respectivement, 1,69 kg, 1,42 kg et 1,62 kg pour les élèves des EPP témoins, ceux des EPP-PAS ayant consommé moins de 80 collations et ceux des EPP-PAS avec ≥ 80 collations ; $p < 0,01$).



* ajustées sur l'âge, le sexe, le niveau scolaire, le retard scolaire, le niveau d'éducation des parents, le niveau économique de la famille ; la quantité d'agent de poche donnée à l'enfant, la taille de la fratrie et le caractère plus ou moins résidentiel du quartier (moyennes ajustées \pm erreur-type) - Les moyennes non accompagnées de lettres identiques sont significativement différentes au niveau de signification indiqué

Figure V/3-4 : Effets du niveau de consommation des élèves sur leur prise de poids sur une période de 6 mois avec ou sans ajustement.

1.2. Evolution des Z-scores

1.2.1. Valeurs brutes

L'évolution des Z-scores des élèves ayant pu être mesurée en début et en fin d'année scolaire est présentée dans le tableau V/3-1 pour les élèves des deux groupes d'écoles et en fonction du niveau de consommation de la collation.

Dans les deux groupes d'écoles et quel que soit le niveau de consommation dans les EPP d'intervention, les indices nutritionnels s'améliorent de manière hautement significative entre le début et la fin de l'année scolaire sauf le Z-score taille-pour-âge dans les écoles témoins.

Tableau V/3-1: Evolution des Z-scores (*moyenne ± écart-type*) des élèves en fonction du groupe d'écoles et du niveau de consommation de la collation.

	Groupe d'écoles		Niveau de consommation de la collation	
	<i>EPP témoins</i>	<i>EPP PAS</i>	<i>EPP PAS</i> <i><80 collations</i>	<i>EPP PAS</i> <i>≥80 collations</i>
Z-score Taille/âge				
<i>Effectif</i>	5207	10610	4797	5813
Début	-1,89±1,00	-1,87±1,00	-1,96±1,02	-1,80±0,97
Fin	-1,89±1,00	-1,84±1,00	-1,94±1,01	-1,76±0,97
<i>Nds</i> ¹	<i>ns</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>
Z-score Poids/Taille (<i>enfants de moins de 10 ans</i>)				
<i>Effectif</i>	2518	5410	2806	2604
Début	-0,69±0,73	-0,56±0,75	-0,58±0,74	-0,55±0,76
Fin	-0,50±0,72	-0,49±0,75	-0,52±0,77	-0,46±0,73
<i>Nds</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>
Z-score Poids/âge				
<i>Effectif</i>	5207	10610	4797	5813
Début	-1,70±0,73	-1,62±0,73	-1,67±0,75	-1,58±0,72
Fin	-1,62±0,74	-1,57±0,74	-1,64±0,74	-1,51±0,73
<i>Nds</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>	<i>p<0,0001</i>

¹ *Test de Student*

1.2.2. Valeurs ajustées

Les Z-scores des élèves en fin d'année scolaire ont été comparés entre les deux groupes d'écoles et en fonction du niveau de consommation de la collation pendant l'année après ajustement tenant compte non seulement de toutes les caractéristiques liées à l'enfant, à sa famille et à son environnement scolaire significativement liées aux différents indices considérés mais aussi de leur état nutritionnel en début d'année (*Tableau V/3-2*). Pour cela pour chacun des Z-scores correspondant aux trois indices étudiés, le Z-score correspondant en début d'année a été introduit comme covariable dans les analyses de variance multivariées.

Il ressort que le Z-score moyen taille-pour-âge des élèves des EPP d'intervention est légèrement, mais significativement, plus élevé (-1,84 *vs* -1,87) que celui des élèves des écoles témoins et qu'il est d'autant plus élevé que le niveau de consommation des élèves a été plus important.

En revanche, les Z-scores moyens poids-pour-taille et poids-pour-âge des élèves des EPP d'intervention sont en fin d'année significativement plus faibles (respectivement, -0,52 *vs* -0,42 et -1,59 *vs* -1,56) que ceux des élèves des écoles témoins et cela même pour les élèves ayant eu le niveau de consommation de la collation le plus élevé. On constate, néanmoins, que dans les écoles d'intervention, les élèves ayant eu le niveau de consommation de la collation le plus élevé ont des Z-scores poids-pour-taille et poids-pour-âge plus élevés que les autres en fin d'année scolaire ce qui s'explique en partie par une augmentation plus importante de ces Z-scores pendant l'année scolaire (*Cf. tableau V/3-1*).

Les évolutions observées au niveau des Z-scores confirment donc celles observées au niveau des variations de taille et de poids au cours de l'année : la consommation de la collation influe de manière favorable sur la croissance en taille mais n'a pas d'effet positif sur la prise de poids.

Tableau V/3-2: Comparaison des valeurs des Z-scores (*moyennes ± erreur-type*) entre les deux groupes d'écoles et en fonction du niveau de consommation de la collation après ajustement tenant compte de caractéristiques liées à l'enfant, à sa famille et à son environnement scolaire ainsi que de son état nutritionnel en début d'année.

	Groupe d'écoles		Niveau de consommation de la collation	
	<i>EPP témoins</i>	<i>EPP PAS</i>	<i>EPP PAS <80 collations</i>	<i>EPP PAS ≥80 collations</i>
Z-score Taille-pour-âge				
<i>Effectif</i>	4857	9666	4278	5388
Valeurs ajustées ¹	-1,867±0,0036 ^c	-1,839±0,0032	-1,850±0,0039 ^b	-1,831±0,0037 ^a
<i>Nds</i> ²	<i>p</i> <0,001		<i>p</i> <0,001	
Z-score Poids-pour-taille (enfants de moins de 10 ans)				
<i>Effectif</i>	2387	4925	2497	2428
Valeurs ajustées ³	-0,422±0,034 ^a	-0,520±0,034	-0,535±0,034 ^c	-0,502±0,034 ^b
<i>Nds</i> ²	<i>p</i> <0,001		<i>p</i> <0,01	
Z-score Poids-pour-âge				
<i>Effectif</i>	4857	9666	4278	5388
Valeurs ajustées ¹	-1,564±0,0030 ^a	-1,594±0,0080	-1,614±0,0037 ^c	-1,577±0,0036 ^b
<i>Nds</i> ²	<i>p</i> <0,001		<i>p</i> <0,001	

¹ ajustées sur les caractéristiques liés à l'enfant (âge, sexe, niveau scolaire, retard scolaire), à sa famille (niveau d'éducation des parents, niveau économique de la famille, quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, taille de la fratrie), le caractère plus ou moins résidentiel du quartier et les Z-scores correspondant (taille-pour-âge ou poids-pour-âge) en début d'année.

² Niveau de signification entre les deux groupes d'écoles et pour différents niveaux de consommation entre les élèves des *EPP témoins* et ceux des *EPP PAS* ayant consommé moins, ou ≥ 80 collations dans l'année (les valeurs suivies de lettres différentes sont significativement différentes au niveau indiqué).

³ ajustées sur des caractéristiques liées à l'enfant (âge, niveau scolaire, retard scolaire), à sa famille (quantité d'argent de poche donnée à l'enfant, taille de la fratrie) et le Z-score poids-pour-taille en début d'année.

1.3. Prévalences des différentes formes de malnutrition

Les évolutions entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences de retard de croissance, de maigreur, d'insuffisance pondérale et d'IMC inférieur au 5^{ème} percentile sont représentées sur les figures V/3-5 à V/3-8.

Concernant le retard de croissance (*figure V/3-5*), que ce soit dans les écoles témoins ou dans les écoles d'intervention, on n'observe pas de variation significative des prévalences entre le début et la fin de l'année. On note que ces prévalences étaient sensiblement plus faibles, déjà en début d'année pour les élèves des écoles d'intervention ayant consommé ≥ 80 collations.

Les prévalences de maigreur sont faibles (<3%) dans les deux groupes d'écoles et ont tendance à diminuer en cours d'année (*figure V/3-6*). Cette diminution est statistiquement significative dans les écoles témoins.

Les prévalences d'insuffisance pondérale et d'IMC inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence diminuent de manière significative en cours d'année aussi bien dans les écoles témoins que dans les écoles d'intervention sauf pour les élèves ayant consommé moins de 80 collations durant la période d'intervention (*figures V/3-7 et V/3-8*). Ces diminutions ont tendance à être plus importantes dans les écoles témoins que dans les écoles d'intervention.

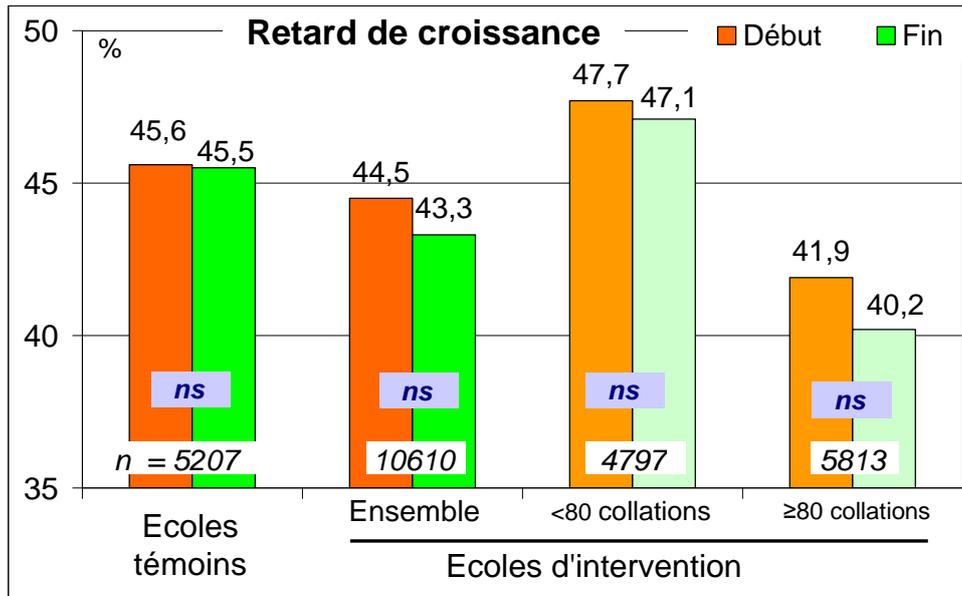


Figure V/3-5: Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences de retard de croissance parmi les élèves des écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation.

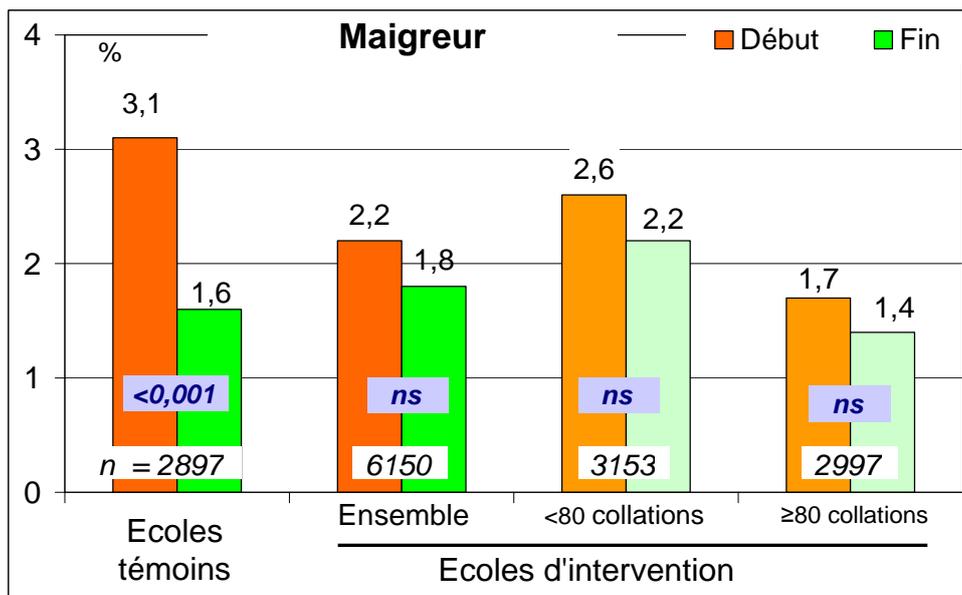


Figure V/3-6: Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences de maigreur parmi les élèves des écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation.

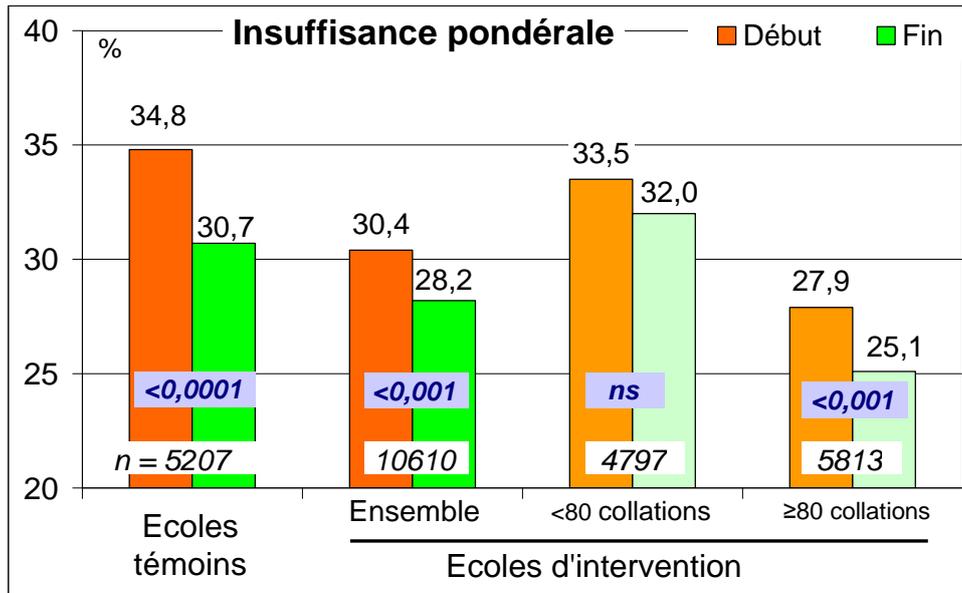


Figure V/3-7: Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire des prévalences d'insuffisance pondérale parmi les élèves des écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation.

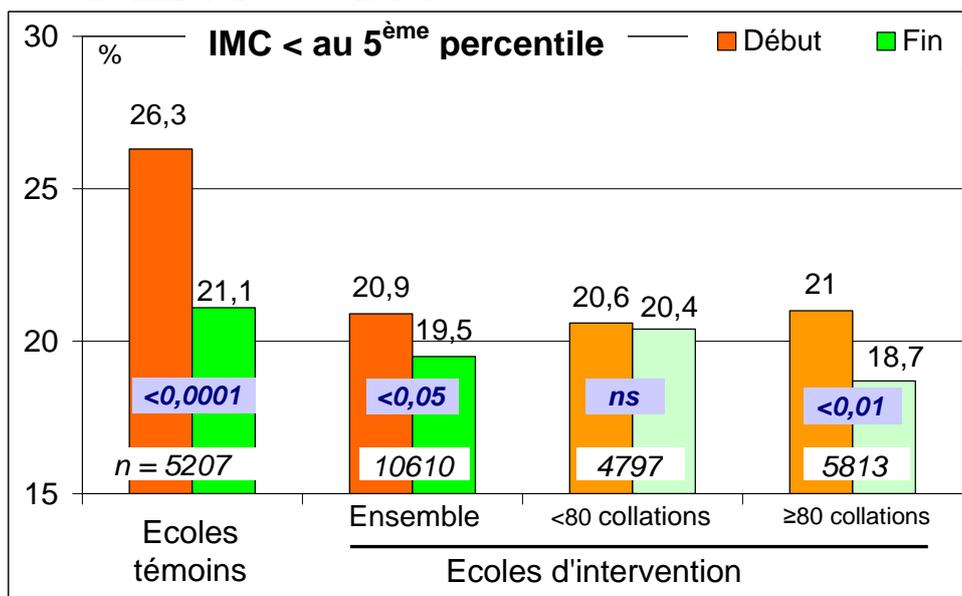


Figure V/3-8: Evolution entre le début et la fin de l'année scolaire du pourcentage d'élèves ayant un IMC pour l'âge inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence dans les écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation.

2. Effet du PAS-Nutrimad sur les performances scolaires des élèves

2.1. Identification des facteurs en relation avec les performances scolaires

Dans le tableau V/3-3 sont indiqués les niveaux de signification des relations entre différents facteurs susceptibles d'influer sur les performances scolaires et :

- les notes moyennes obtenues sur l'année par les élèves tous niveaux confondus ;
- le fait d'avoir, pour les élèves de CPI à CM1, obtenu une note moyenne supérieure à 5/10
- le fait d'avoir réussi au CEPE pour les élèves de CM2.

Tableau V/3-3: Identification des facteurs en relation avec les performances scolaires

	Effet sur la moyenne générale			Effet sur l'obtention ³	
	<i>Sans ajustement</i>		Après ajustement ² (n=12965)	d'une moyenne > 5/10 (12525 Elèves de CP1 à CM1)	du CEPE (pour 3282 élèves de CM2)
	Effectif	NdS ¹			
Caractéristiques de l'enfant					
Classe d'âge	15817	<0,0001	<0,001	<0,0001	<0,001
Sexe	15817	<0,01	<0,0001	<0,001	ns
Niveau scolaire	15817	<0,0001	<0,0001	<0,0001	
Taux d'absentéisme	14191	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Retard scolaire	15817	<0,0001	<0,05	<0,0001	<0,001
Caractéristiques de la famille					
Niveau éducation des parents	15817	<0,05	<0,0001	<0,05	<0,0001
Niveau économique	15817	ns		ns	<0,001
Quantité d'argent de poche	15155	<0,0001	<0,001	<0,0001	ns
Taille de la fratrie	15155	<0,01	ns	<0,01	ns
Environnement scolaire					
Caractère résidentiel du quartier	15817	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,0001
Nombre d'élèves par classe	15737	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Absentéisme de l'instituteur	15817	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Groupe d'écoles	15817	ns	<0,001	ns	ns
Niveau de consommation de la collation	15817	<0,0001	<0,0001	<0,0001	ns

¹ Analyse de variance : le niveau de signification est en caractère gras quand il été obtenu avec un test de Fisher et en caractère normal lorsque, en raison de l'hétérogénéité des variances, il a été obtenu à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis.

² Ajustement prenant en compte l'ensemble des facteurs sauf le niveau économique des familles.

³ Test de Chi-2

ns : non significatif

Toutes les caractéristiques liées à l'enfant, à sa famille et à son environnement scolaire sont en relation statistiquement significatives avec les notes moyennes obtenues par les élèves sauf le niveau économique des familles. Après ajustement tenant compte de la variabilité des notes dues aux autres variables, ces relations significatives persistent sauf pour l'effet de la taille de la fratrie.

Ces mêmes caractéristiques sont significativement liées avec l'obtention de notes moyennes supérieures à 5/10 pour les élèves de CP1 à CM1. En revanche, contrairement aux résultats d'une étude réalisée par [Arestoff et Bommier \(1999\)](#) qui ont rapporté que les garçons obtiennent plus souvent le CEPE que les filles, le sexe des élèves n'est pas significativement lié à la réussite au CEPE. Il en est de même pour la quantité d'argent de poche qui leur est donnée par leurs parents et la taille de leur fratrie.

Les élèves qui n'ont pas été absents durant l'année d'étude et ceux qui ne sont pas en retard scolaire ont un taux de réussite au CEPE plus important. Ces constatations rejoignent celles effectuées par [Etsey \(2005\)](#) au Ghana. Par ailleurs, comme l'avaient déjà remarqué [Arestoff et Bommier \(1999\)](#), les élèves dont le niveau d'éducation des parents et le niveau économique de la famille sont moyens ou élevés sont proportionnellement plus nombreux à réussir au CEPE. Les taux de réussite au CEPE sont également plus importants dans les quartiers les

plus résidentiels, dans les classes à faible effectif (comme l'avait déjà montré [Darling-Hammond, 2000](#)), et dans celles dont les enseignants sont absents moins de cinq jours pendant la période d'intervention.

2.2. Effet du PAS-Nutrimad sur les notes moyennes des élèves

Concernant l'effet du PAS-Nutrimad sur les notes moyennes des élèves, on constate qu'avant ajustement il n'y a pas de différence significative entre les valeurs médianes des notes moyennes obtenues par les élèves des écoles témoins et des écoles d'intervention mais qu'après ajustement tenant compte des facteurs de confusion, il existe une différence hautement significative ($p < 0,001$) en faveur des écoles d'intervention (*figure V/3-9*). Par ailleurs, lorsqu'on prend en compte le niveau de consommation, on constate que les élèves des écoles d'intervention ayant consommé ≥ 80 collations ont obtenu des notes moyennes significativement plus élevées que non seulement les élèves des mêmes écoles ayant consommé moins de 80 collations mais aussi les élèves des écoles témoins.

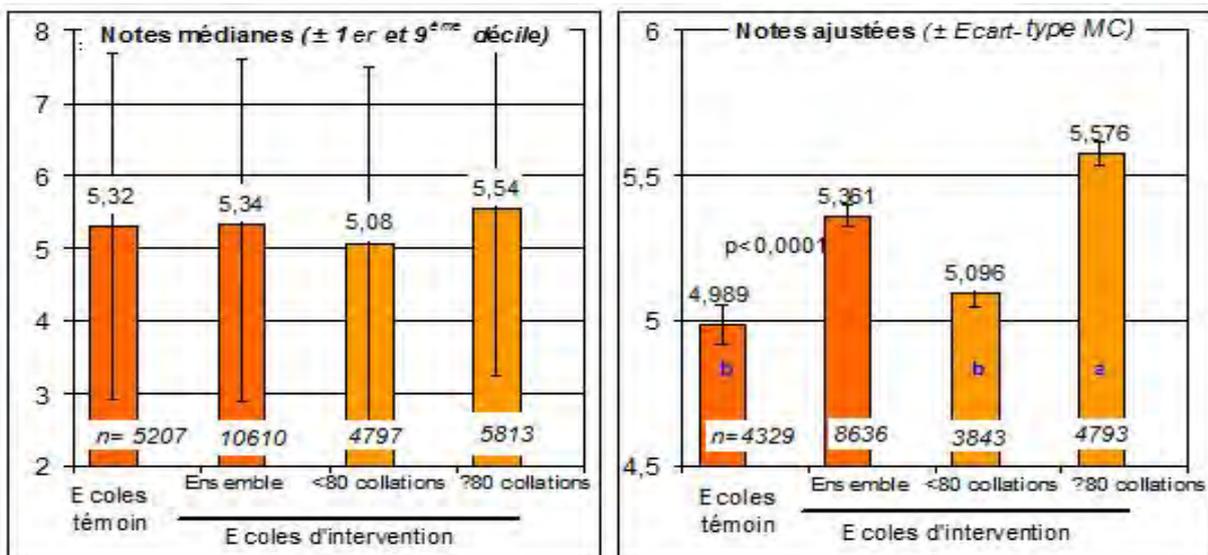


Figure V/3-9: Comparaison des médianes des notes moyennes et des valeurs moyennes ajustées sur les facteurs de confusion entre les écoles témoins et d'intervention et en fonction du niveau de consommation de la collation.

2.3. Effet du PAS-Nutrimad sur l'obtention de notes supérieures à la moyenne et la réussite au CEPE

Il n'y a pas de différence significative entre les écoles témoins et les écoles d'intervention au niveau des pourcentages d'élèves de CP1 à CM1 qui obtiennent la moyenne et qui sont donc susceptibles de passer en classe supérieure. En revanche, les élèves des écoles d'intervention ayant consommé ≥ 80 collations sont proportionnellement plus nombreux (67,1%) que ceux des écoles témoins (62,0%) et ceux des écoles d'intervention ayant consommé moins de 80 collations (55,4%) à obtenir une note moyenne supérieure à 5 sur 10.

Concernant la réussite des élèves de CM2 au CEPE, il n'y pas de différences significatives entre les deux groupes d'écoles (respectivement, 69,6% et 70,2% dans les écoles témoins et d'intervention) et il n'y en a pas non plus en fonction du niveau de consommation de la collation (respectivement 67,0 et 71,8% pour les élèves des écoles d'intervention ayant consommé moins et ≥ 80 collations pendant l'année). Ces résultats ne vont pas dans le même sens que les observations préliminaires effectuées par [Rakotoarivelo \(2007\)](#) dans des écoles de la région d'Androy qui laissaient penser que les élèves des écoles avec cantine scolaire ont un meilleur taux de réussite au CEPE que ceux fréquentant des écoles sans cantine.

Conclusion

L'étude réalisée auprès de plus de 15 000 élèves répartis dans 8 écoles témoins et 15 écoles d'intervention ayant bénéficié pendant toute une année de la mise en œuvre du PAS-Nutrimad laisse apparaître des résultats contrastés au niveau des effets du PAS sur l'état nutritionnel et des effets plus positifs sur les performances scolaires.

Concernant l'état nutritionnel, une croissance en taille et une amélioration du Z-score moyen taille-pour-âge significativement plus importantes dans les écoles d'intervention que dans les écoles témoins ont été observées au cours de l'année. Ces améliorations ont été d'autant plus nettes que les élèves avaient un niveau de consommation de la collation plus élevé. Néanmoins, les différences restent faibles (moins de 2 mm de différence sur l'année) et ne se répercutent pas de manière significative sur l'évolution des prévalences de retard de croissance.

A l'inverse, la prise de poids et l'amélioration des Z-scores moyens poids-pour-taille et poids-pour-âge se sont révélés plus importants dans les écoles témoins que dans les écoles d'intervention et se sont traduites par des diminutions plus importantes des prévalences de maigreur et d'insuffisance pondérale et du pourcentage d'élèves ayant un IMC pour âge inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence.

Concernant les performances scolaires, après ajustement sur les facteurs de confusion, les notes moyennes des élèves des écoles d'intervention se sont révélées environ 7% supérieures à celles des élèves des écoles témoins et même près de 12% supérieures pour les élèves des écoles d'interventions ayant consommé ≥ 80 collations dans l'année. Pour ces derniers fréquentant les classes de CP1 à CM1, le pourcentage d'élèves ayant obtenu une note moyenne supérieure à 5/10 et donc, a priori admis en classe supérieure, a été de 5% supérieur (67% vs 62%) à celui des élèves des écoles témoins et 12% supérieur à celui des élèves des écoles d'intervention ayant consommé moins de 80 collations. En revanche, il n'a pas été observé d'effet significatif sur le taux de réussite des élèves de CM2 au CEPE.

D'une manière globale, il ressort que les effets favorables du PAS-Nutrimad sur l'état nutritionnel et les performances scolaires des élèves sont apparus moins marqués dans cette étude, basée sur la comparaison de résultats obtenus dans des écoles témoins et des écoles d'intervention que dans celles réalisées l'année précédente (*Partie V-Chapitres 1 et 2*) avec une autre approche. Ceci pourrait s'expliquer en partie par le fait que les écoles d'intervention avaient déjà bénéficié du PAS l'année précédente et que certains de ces effets aient pu être moins marqués la seconde année.

Références bibliographiques

- Arestoff F, Bommier A. Efficacité relative des écoles publiques et privées de Madagascar: étude d'une période de restriction budgétaire. Antananarivo: Aide et Action, 1999; 22p.
- Ash DM, Tatala SR, Frongillo Jr RA, Ndossi GD, Latham MC. Randomized efficacy trial of a micronutrient-fortified beverage in primary school children in Tanzania. *Am J Clin Nutr* 2003,77:891-893.
- Brown JL, Beardslee WH, Prothrow-Stith D. Impact of school breakfast on children's health and learning. Sodexo foundation 2008.
- Caldes N, Ahmed AU. Food for education: a review of program impacts. Washington: IFPRI, 2004, 39p.
- Cueto S, Chinen M, Montés I, Andrade F, Staeheli. Educational impact of a school breakfast program in Rural Peru. American Educational Research Association (AERA). *Conference in New Orleans*, 20-24 april, 2000. USAID, 17p.
- Darling-Hammond L. Teacher quality and student achievement: a review of state policy evidence. *Educational Policy Analysis Archives* 2000,8(1).

- Etsey K. Causes of low academic performance of primary school pupils in the Shama Sub-Metro of Shama Ahanta East Metropolitan Assembly (SAEMA) in Ghana. *Regional Conference on Education in West Africa* Dakar, Sénégal; 1-2 november; 2005.
- Grantham Mc Gregor SM, Chang S, Walker SP. Evaluation of school feeding programs: some Jamaican examples. *Am J Clin Nutr* 1998,67(suppl):785S-789S.
- Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad School Feeding Program: Impact on failure rate and nutritional status of schoolchildren in Madagascar. *Sight and Life Newsletter* 2006,N°2:4-9.
- Rakotoarivelo JM. Contribution à la mise au point d'aliments fortifiés pour les groupes vulnérables de population et à l'étude de fonctionnement et de l'impact de cantines scolaires dans la région de l'Androy. Mémoire de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) de Biochimie, *Option: Sciences de l'Alimentation et de la Nutrition: Faculté des Sciences, Antananarivo, 2007.*
- Rameshwar Sarma KV, Udaykumar P, Balakrishna N, Vijayaraghavan K, Sivakumar B. Effect of micronutrient supplementation on health and nutritional status of schoolchildren: growth and morbidity. *Nutrition* 2006,22:8S-14S.
- Whaley SE, Sigman M, Neumann C, Bwibo N, Guthrie D, Weiss SE, Alber S, Murphy SP. The impact of dietary intervention on cognitive development of Kenyan school children. *J Nutr* 2003,133:3965S-3971S.

CONCLUSION GENERALE

La présente thèse a permis de faire ressortir l'intérêt de la mise en place, au niveau des écoles primaires, de Programmes d'alimentation scolaire.

Le diagnostic de l'état nutritionnel des élèves réalisé dans 23 écoles primaires publiques de la Commune Urbaine d'Antananarivo a mis en évidence une situation préoccupante: 45,6% des enfants sont touchés par le retard de croissance, 33,3% atteints d'insuffisance pondérale et 36,2% des enfants ont un IMC inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence. La prévalence de retard de croissance a tendance à augmenter avec l'âge des enfants alors que le pourcentage d'enfants ayant un IMC inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence évolue en sens inverse. L'état nutritionnel que nous avons caractérisé dans les EPP de la capitale chez les enfants d'âge scolaire est en accord avec celui souvent décrit pour les enfants de moins de 5 ans (INSTAT & ORC Macro, 2004). Les relations que nous avons pu mettre en évidence entre l'état nutritionnel des élèves et certaines de leurs caractéristiques (âge, sexe) ou des caractéristiques de leur famille (niveau économique, taille de la fratrie) ou de leur cadre de vie (école, quartier) sont en cohérence avec celles identifiées dans d'autres contextes (Gross *et al*, 1990; Pongou *et al*, 2005). La relation avec le niveau économique de la famille et la taille de la fratrie est particulièrement étroite. Par ailleurs, un lien très fort entre la malnutrition chronique et le retard scolaire des élèves, déjà souligné par Lallemand (1986) a également été mis en évidence.

L'étude de consommation alimentaire par rappel de 24H a permis de confirmer des résultats préliminaires sur l'ampleur des déficits nutritionnels dans l'alimentation des élèves fréquentant les EPP d'Antananarivo (Ratsito, 2004). Les ingérés nutritionnels à partir de l'alimentation familiale ne permettent aux élèves que de couvrir en moyenne 67% de leurs besoins journaliers en énergie et une faible proportion de leurs AJR en micronutriments (53% en fer, 52% en zinc, 34% en calcium, 62% en vitamine A et 43% en vitamines B1 et B2).

Les diagnostics réalisés ont conforté le programme Nutrimad à proposer aux enfants, une collation hautement énergétique et fortifiée, présentée sous forme de bouillie. L'étude de la qualité nutritionnelle de la farine fortifiée proposée a permis de vérifier qu'elle apporte les nutriments indispensables pour pallier les déficits nutritionnels conformément aux objectifs nutritionnels fixés par le programme. Par ailleurs, afin de recueillir des données sur la biodisponibilité des micronutriments ajoutés, notamment le fer et le zinc, une étude de la digestibilité *in vitro* (DIV) du fer et du zinc a été réalisée. Bien que la méthode de digestibilité *in vitro* utilisée se soit révélée non adaptée aux aliments fortifiés, nos travaux ont permis de montrer, d'une part, que la dégradation des phytates et des fibres, comme Lestienne (2004) l'avait déjà montré pour des farines à base de mil, permettait d'augmenter la DIV du fer et du zinc dans notre farine fortifiée et, d'autre part, que l'incorporation d'EDTA, une substance chimique permettant de protéger les minéraux contre les facteurs antinutritionnels, pouvait également améliorer la DIV du fer et du zinc.

Des études réalisées dans les écoles ont permis de confirmer la pertinence de certains choix effectués au moment de la mise au point de la farine fortifiée. Il a ainsi été vérifié qu'une consistance correspondant à un écoulement Bostwick compris entre 75 et 135 mm/30s correspondaient le mieux aux préférences des élèves. Par ailleurs, nous avons pu vérifier que les quantités servies (350 g de bouillie, soit 110 g de farine) sont, dans la grande majorité des cas (94%) entièrement consommées par les enfants et que moins de 1% des enfants laissent des restes importants dans leur assiette.

L'étude menée pour vérifier l'adéquation de la collation aux modalités de préparation définies dans le cadre du PAS-Nutrimad a mis en évidence que la formation prodiguée aux préparateurs dans les différentes écoles n'avait pas eu partout la même efficacité. Si les quantités de farine et d'eau utilisées au cours des préparations correspondent bien aux recommandations, les quantités d'huile incorporées sont systématiquement inférieures aux valeurs recommandées. Par ailleurs, bien que le temps de cuisson recommandé (15 min) soit plutôt bien suivi par l'ensemble des préparateurs et que les bouillies proposées aux enfants aient des teneurs en MS très proches de celles visées (28 g/100 g de bouillie), leur écoulement Bostwick est le plus souvent bien inférieur aux valeurs souhaitées (61% des bouillies observées ont un écoulement quasiment nul).

L'étude des effets de la consommation de la collation fortifiée sur l'alimentation des élèves par Rappel de 24H qualitatif a mis en évidence que la prise de collation ne diminue en rien le nombre de prises alimentaires de la journée et la fréquence de consommation des principaux groupes d'aliments. Une augmentation de la fréquence de consommation des fruits et légumes a même été observée probablement influencée par les cours d'éducation nutritionnelle dispensés dans les écoles bénéficiant du PAS-Nutrimad. Un rappel de 24H quantitatif a permis de mettre en évidence l'amélioration hautement significative des taux de couvertures des besoins et des AJR des élèves consommant la collation (26% pour l'énergie, 37% pour les protéines, 37% pour les lipides et plus de 100% pour les minéraux et vitamines).

L'évaluation de la stratégie proposée dans le cadre du PAS-Nutrimad a été réalisée à partir de l'estimation du niveau de consommation de la collation et par la mesure de son impact sur le taux de fréquentation scolaire, l'état nutritionnel et les performances scolaires des élèves des écoles primaires publiques concernées par le programme.

Durant la première année de mise en œuvre du PAS-Nutrimad en 2004-2005, les enfants ont consommé en moyenne 83 rations (*valeur médiane 86*) de la collation fortifiée pendant la période de fonctionnement qui, en moyenne, a duré 110 jours (de 101 à 119 selon les écoles). Compte tenu des niveaux de fortification, les collations proposées ont permis à 26,1%, 66,5% et 7,5% des élèves des 15 écoles d'intervention de couvrir sur cette période d'environ mois, respectivement, plus de 40%, de 20 à 40% et moins de 20% de leurs AJR en fer, zinc et vitamine A.

Compte tenu de la valeur très élevée du taux de fréquentation scolaire (97,3%) dans les 15 écoles, l'étude de ses facteurs de variation n'a permis de mettre en évidence que des effets limités même s'ils sont hautement significatifs. Ce taux est significativement lié à certaines caractéristiques de l'enfant (*âge, niveau scolaire, retard scolaire*), de sa famille (*niveau économique de la famille et quantité d'argent de poche attribuée à l'enfant*) et au caractère plus ou moins résidentiel du quartier. Il était également lié au niveau de consommation de la collation : les élèves qui en ont consommé régulièrement ont un taux de fréquentation scolaire plus élevé que ceux qui en prennent rarement.

En 2004-2005, les effets du niveau de consommation de la collation sur l'état nutritionnel des élèves se sont traduits, pour ceux qui en ont consommé le plus, par une prise de poids plus importante et des diminutions plus marquées du Z-score moyen poids-pour-âge, de la prévalence d'insuffisance pondérale et de la proportion d'enfants ayant un IMC inférieur au 5^{ème} percentile mais aucun effet notable sur la croissance en taille des enfants n'a pu être mis en évidence. En revanche, en 2005-2006, les élèves des écoles bénéficiant de l'intervention, et en particulier ceux ayant eu un haut niveau de consommation, ont eu une croissance en taille plus importante que ceux des élèves des écoles témoins qui, pour leur part, ont eu une prise de poids plus élevée. Le fait que, pendant l'année scolaire 2005-2006, les élèves des 15 écoles

d'intervention aient déjà bénéficié de l'intervention pendant l'année précédente pourrait expliquer en partie ces résultats apparemment contradictoires.

Concernant les performances scolaires des élèves, on a pu mettre en évidence, lorsque les analyses prenaient en compte la variabilité liée aux autres facteurs déterminants, des améliorations sensibles des notes moyennes dans les écoles d'intervention et pour les élèves ayant eu le niveau de consommation le plus élevé. Par ailleurs, des hauts niveaux de consommation se sont traduits par des pourcentages plus importants d'enfants ayant obtenu une note moyenne supérieure à 5/10.

En regard de l'amélioration très importante de la couverture des besoins nutritionnels permise par la consommation régulière de la collation, les effets observés sur l'état nutritionnel et les performances scolaires des élèves apparaissent comme limités, mais il est probable qu'une durée plus longue de mise en œuvre d'un tel programme d'alimentation scolaire pourrait avoir des effets plus marqués.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AERC (African Economic Research Consortium). La nature des liens entre l'agriculture et l'éducation à Madagascar. AERC 2005; pp26.
- AFNOR. Recueil de normes françaises: corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés, 5^e éd. Paris: AFNOR, 1993.
- Ahmed AU, Billah K. Food for education program in Bangladesh: an early assessment. Washington: IFPRI (International Food Policy Research Institute), 1994; 142p.
- Ahmed AU, Ninno C. The food for education programme in Bangladesh: an evaluation of its impacts on educational attainment and food security. Washington: IFPRI (International Food Policy Research Institute), 2002;138p.
- Ahmed AU. Impact of feeding children in school: evidence from Bangladesh. Washington DC: IFPRI (International Food Policy Research Institute), 2004; 60p.
- Aide et Action. Programme d'appui à l'éducation de base dans l'agglomération d'Antananarivo: Etude de faisabilité. Antananarivo: Aide et Action, 2000; 110p.
- Akhtar MS, Bhatti N, Sattar M, Javed MT. Comparison of nutritional status in children of different socio-economic statuses. *Med J Islamic Acad Sci* 2001;14(3):97-102.
- Allen LH. Iron-ascorbic acid and iron-calcium interactions and their relevance in complementary feeding. In: Micronutrient interactions. Impact on child health and nutrition. Washington: USAID, FAO, 1996:11-18.
- Alonso R, Lubio LA, Muzquiz M, Marzo F. The effect of extrusion-cooking on mineral bioavailability of pea and kidney bean seed meals. *Anim Feed Sci Techno* 2001;94:1-13.
- Andrianjaka H, Droy I. Dynamique de la formation du capital humain et durabilité sociale: formation et scolarisation dans un quartier défavorisé d'Antananarivo, Madagascar. Troisième conférence sur l'Approche des Capacités «d'un développement viable a une liberté durable», Université de Pavie, Italie, 8-10 septembre 2003.
- Angel R, Tamim NM, Applegate TJ, Dhandu AS, Ellestad LE. Phytic acid chemistry: Influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. *J Appl Poult Res* 2002;11:471-480.
- Anwer I, Awan JA. Nutritional status comparison of rural with urban school children in Faisalabad District, Pakistan. *Rural and Remote Health* 3[en ligne]. 30 mai 2003 [consulté le 8 novembre 2008]. Disponible à partir de <http://rrh.deakin.edu.au/>
- Arestoff F, Bommier A. Efficacité relative des écoles publiques et privées de Madagascar: étude d'une période de restriction budgétaire. Antananarivo: Aide et Action, 1999; 22p.
- Argo B. Understanding pH management and plant nutrition. *J Inter Phalaenopsis Alliance* 1994,Vol12(4);1-2.
- Ash DM, Tatala SR, Frongillo EA, Ndossi GD, Latham MC. Randomized efficacy trial of a micronutrient-fortified beverage in primary school children in Tanzania. *Am J Clin Nutr* 2003;77:891-898.
- Baba N, Khuzama S, El-Sheikh Ismail L, Adra N. Comparison of nutritional status of preschool children at day care centres and at home from different socioeconomic backgrounds in Beirut. *J Hum Nutr Diet* 1996;9:89-103.
- Ballot D, Baynes RD, Bothwell TH, Gillooly M, MacFarlane BJ, Macphail AP, Lyons G, Derman DP, Bezwoda WR, Bothwell JE. The effects of fruit juices and fruits on the absorption of iron from a rice meal. *Br J Nutr* 1987;51:331-343.
- Beaugrand J. Bases cytologiques et moléculaires de la dégradation enzymatique du son de blé tendre. Thèse de Doctorat. *Spécialité Biochimie*. Université de Reims Champagne-Ardenne, 2004.
- Bennett J. Review of school feeding projects. London: Department for international development (DFID), 2003. Disponible à partir de: http://www.passlivelihoods.org.uk/site_files/files/Review%20of%20School%20Feeding%20Projects%20Report_FS0076.pdf
- Benton D, Slater O, Donohue RT. The influence of breakfast and a snack on memory and mood. *Physiol Behav* 2001;74(4-5):559-571.
- Berger J, Dillon J. Stratégies de contrôle de la carence en fer dans les pays en développement. *Cah Santé* 2002;12(1):22-30.
- Bermejo P, Penaa EM, Domingueza R, Bermejo A, Cocho JA, Fraga JM. Iron and zinc in hydrolised fractions of human milk and infant formulas using an *in vitro* method. *Food Chem* 2002;77:361-369.

- Bezwoda WR, Torrance JD, Bothwell TH, Macphail AP, Graham B, Mills W. Iron absorption from red and white wines. *Scand J Haematol* 1985;34:121–127.
- Bhatnagar S, Taneja SBR. Zinc and cognitive development. *Nutrition* 2001;85(2 Suppl):139S-145S.
- Bilgiçli N, Elgun A, Turker S. Effects of various phytase sources on phytic acid content, mineral extractability and protein digestibility of tarhana. *Food Chem* 2006;98:329–337.
- Binata Nayak, Madhavan Nair K. *In vitro* bioavailability of iron from wheat flour fortified with ascorbic acid, EDTA and sodium hexametaphosphate, with or without iron. *Food Chem* 2003;80:545–550.
- Black MM. Cognitive and motor development among small for gestation age infants: impact of zinc supplementation, birth weight, and caregiving practices. *Am J Clin Nutr* 1998;68(2 Suppl):464S-469S.
- Bossard C. Contribution au projet Nutrimad dans la région de l'Androy -Madagascar : mise au point d'aliments de complément fortifiés et propositions d'amélioration du dispositif des cantines scolaires du Programme Alimentaire Mondial. Master professionnel-Biologie Santé. *Spécialité Nutrition, Aliment en santé publique*. Montpellier : Université de Montpellier I-II, 2006.
- Bravo L, Englyst HN. Nutritional evaluation of carbohydrates in the Spanish diet: non starch polysaccharides and *in vitro* starch digestibility of breads and breakfast products. *Food Res Inter* 1998;31:129-135.
- Broutin C (GRET). La démarche qualité dans le secteur de la transformation des céréales en Afrique. Réflexion autour de la qualité sanitaire et de l'emballage des produits. Rencontre professionnelle sur les céréales et légumineuses en Afrique de l'Ouest. *Cotonou du 27 au 30 septembre 2005*.
- Brown JL, Beardslee WH, Prothrow-Stith D. Impact of school breakfast on children's health and learning. Sodexo foundation 2008.
- Brown KH. Commentary: zinc and child growth. *Int J Epidemiol* 2003;32:1103-1104.
- Bureau de Développement d'Antananarivo. Caractéristiques des 92 fokontany de la Commune Urbaine d'Antananarivo, 2007.
- Cadet E, Gadenne D, Capron, Rochette J. Données récentes sur le métabolisme du fer: un état de transition. *Rev Med Inter* 2005;26(4):315-324.
- Caldes N, Ahmed AU. Food for education: a review of program impacts. Washington: IFPRI, 2004, 39p.
- Castillo-Duran C, Perales CG, Hertrampf ED, Marín VB, Francisca A, Rivera FA, Gloria Icaza. Effect of zinc supplementation on development and growth of Chilean infants. *J Pediatr* 2001;138:229-235.
- Chevalier Ph, Delpuech F. Taille, croissance et retard scolaire en Martinique. *Colloque INSERM* 1986;136(1):66-74.
- Child Health Unit. An Evaluation of South Africa's Primary School Nutrition Programme. South Africa, Rondebosch: Health Systems Trust, 1997; 151p.
- Chitra U, Radha Reddy C. The role of breakfast in nutrient intake of urban schoolchildren. *Public Health Nutr* 2007,10(1):55-58.
- CISCO (Circonscription Scolaire) Antananarivo. Direction des examens, 2006.
- Colonna P, LeLoup V, Buléon A. Limiting factors of starch hydrolysis. *Eur J Clin Nutr* 1992;46(Suppl 2):17S-32S.
- Cook JD, Reddy MR, Hurrell RF. The effect of red and white wines on nonheme-iron absorption in humans. *Am J Clin Nutr* 1995;61:800–804.
- Crowe TC, Seligman SA, Copeland L. Inhibition of enzymatic digestion of amylose by free fatty acids *in vitro* contributes to resistant starch formation. *J Nutr* 2000;130(8):2006-2008.
- Cueto S, Chinen M, Montés I, Andrade F, Staeheli. Educational impact of a school breakfast program in Rural Peru. American Educational Research Association (AERA). *Conference in New Orleans, 20–24 april, 2000*. USAID, 17p.
- Darling-Hammond L. Teacher quality and student achievement: a review of state policy evidence. *Educational Policy Analysis Archives* 2000,8(1).
- Davidsson L, Galan P, Cherouvrier F, Kastenmayer P, Juillerat MA, Hercberg S, Hurrell RF. Iron bioavailability from infant cereals by infants: the effect of dephytinization. *Am J Clin Nutr* 1997;65:916–920.
- Davidsson L, Walczyk T, Morris A, Hurrell RF. Influence of ascorbic acid on iron absorption from an iron-fortified, chocolate-flavored milk drink in Jamaican children. *Am J Clin Nutr* 1998;67:873–877.
- Davidsson L, Walczyk T, Zavaleta N, Hurrell RF. Improving iron absorption from a Peruvian school breakfast meal by adding ascorbic acid or Na₂EDTA. *Am J Clin Nutr* 2001;73: 283–287.

- Davidsson L. Approaches to improve iron bioavailability from complementary foods. *Am Soc Nutr Sci* 2003;1560-1562.
- De Deungria M, Rao R, Wobken JD. Perinatal iron deficiency decreases cytochrome C oxidase (Cyt Ox) activity in selected regions of neonatal rat brain. *Pediatr Res* 2000;48(2):169-176.
- De Sesmaisons A. Elaboration d'une collation énergétique et fortifiée destinée aux enfants d'écoles primaires et évaluation de la première phase du Programme d'Alimentation Scolaire Nutrimad, à Antananarivo, Madagascar. Diplôme d'Agronomie Approfondie et Diplôme d'ingénieur agronome de l'INAPG: Paris, 2004.
- Deleigne MC, Miauton F. Education et pauvreté à Madagascar : une problématique à reconsidérer. La pauvreté à Madagascar-Etat des lieux, facteurs explicatifs et politiques de réduction. *Antananarivo, 2-5 février 2001*; 17p.
- Derman DP, Bothwell TH, Torrance JD, Bezwoda WR, MacPhail AP, Kew MC, Sayers MH, Disler, PB, Charlton RW. Iron absorption from maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum vulgare*) beer. *Br J Nutr* 1980;43:271-279.
- Dewey KG, Beaton G, Fjeld C, Lönnerdal B, Reeds P. Protein requirements of infants and children. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:119S-150S.
- Dogra J, Dhaliwal YS, Manoranjan Kalia. Effects of soaking, germination, heating and roasting on the chemical composition and nutritional quality of soybean and its utilization in various Indian leavened products. *J Food Sci Techno* 2001;38(5):453-457.
- Dop MC, Gomis MC, Gardon M, Lesauvage S. Outils d'enquête alimentaire/entretien: Elaboration au Sénégal. Paris: IRD édition, 2003.
- Dostie B, Haggblade S, Randriamamonjy J. Saisonnalité de la consommation alimentaire des ménages pauvres à Madagascar. Etats-Unis:USAID, 2000; 58p.
- Duhamel JF. Nutrition et développement cérébral: place des micronutriments et des acides gras essentiels. JTA 2007. Consulté le [25/11/09]. Disponible à partir de www.lesjta.com/html2fpdf/article_ppd.php?ar_id=1067
- Duhan A, Khetharpaul N, Bishnoi S. HCl-extractability of zinc and copper as affected by soaking, dehulling, cooking and germination of high yielding pigeon pea cultivars. *J Food Comp Anal* 2004;17:597-604.
- Dumont JC. Les effets de la capacité physique sur les acquisitions de compétence: une application au cas de Madagascar. Québec: CREFA (Centre de Recherche en Economie et Finance Appliquées), 1999; 24p.
- Ejigui J, Savoie L, Marin J, Desrosiers T. Beneficial changes and drawbacks of a traditional fermentation process on chemical composition and antinutritional factors of yellow maize (*Zea mays*). *J Biol Sci* 2005a,5(5):590-596.
- Ejigui J, Savoie L, Marin J, Desrosiers T. Influence of traditional processing methods on the nutritional composition and antinutritional factors of red peanuts (*Arachis hypogea*) and small red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*). *J Biol Sci* 2005b,5(5):597-605.
- El Adawy TA. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Pl F Hum Nutr* 2002;57:83-97.
- El Hioui M, Soualem A, Ahami AOT, Aboussaleh Y, Rusinek S, Dik K. Caractéristiques sociodémographiques et anthropométriques en relation avec la performance scolaire dans une école rurale de la ville de Kenitra (Maroc). *Antropo* 2008,17:25-33.
- Elmaki HB, AbdelRahaman SL, Idris WH, Hassan AB, Babiker EE, El Tinay AH. Content of antinutritional factors and HCl-extractability of minerals from white bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars: influence of soaking and/or cooking. *Food Chem* 2007;100:362-368.
- Etsey K. Causes of low academic performance of primary school pupils in the Shama Sub-Metro of Shama Ahanta East Metropolitan Assembly (SAEMA) in Ghana. *Regional Conference on Education in West Africa* Dakar, Sénégal; 1-2 november; 2005.
- Fairweather-Tait SJ. Bioavailability of trace elements. *Food Chem* 1992;43:213-217.
- FAO. Fats and oils in human nutrition: Report of a joint expert consultation, FAO Food and Nutrition Paper, 1994, N°57. [Consulté le 12/06/04]. Disponible à partir de: <http://www.fao.org/docrep/t4660t/t4660t02.htm>
- FAO. Human vitamin and mineral requirements, Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok, 2002.
- FAO. Profil Nutritionnel de Madagascar-Division de l'Alimentation et de la Nutrition. Rome : FAO, 2005.
- FAO/OMS. Codex Alimentarius, Vol 4, 2^{ème} édition. Rome: FAO, 1994.
- FAO/OMS. Codex alimentarius: Proposition de révision des lignes directrices du codex concernant les préparations alimentaires d'appoint destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas âge. Rome: FAO/OMS, 2008.

- FAO/WHO. Human vitamin and mineral requirements, *Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok, 2002*.
- Fernando SD, Paranavitane SR, Rajakaruna J, Weerasinghe S, De Silva D, Wickremasinghe AR. The health and nutritional status of school children in two rural communities in Sri Lanka. *Trop Med Int Health* 2000;(5)6:450–452.
- Forbes AL, Adams CE, Arnaud MJ, Chichester CO, Cook JD, Harrison BN, Hurrell RF, Kahn SG, Morris ER, Tanner JT, Whittaker P. Comparison *in vitro*, animal, and clinical determinations of iron bioavailability: International Nutritional Anemia Consultative Group Task Force on Iron Bioavailability. *Am J Clin Nutr* 1989;49:225-238.
- Galal O, Hulett J. The relationship between nutrition and children's educational performance: a focus on the United Arab Emirates. British Nutrition Foundation. *Nutr Bull* 2003;28:11-20.
- Ghavidel RA, Prakash J. The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, *in vitro* iron and calcium bioavailability and *in vitro* starch and protein digestibility of some legume seeds. *LWT*, 2006.
- Gibson RS, Hotz C. Dietary diversification/modification strategies to enhance micronutrient content and bioavailability of diets in developing countries. *Br J Nutr* 2001;85(Suppl 2):159S–166S.
- Glick P, Rajemison H, Ravelo A, Raveloarison Y, Razakamanantsoa M, Sahn DE. The progression through school and academic performance in Madagascar study: Preliminary descriptive results. Antananarivo: INSTAT, 2005; 107p.
- Glick P, Razafindravonona J, Randretsa I. Education and health services in Madagascar: Utilization patterns and demand determinants. Cornell Food and Nutrition Policy Program Working Paper N°107, Cornell University, Ithaca, New York, 2000. [Consulté le 16/10/09]. Disponible à partir de : <http://www.cfnpp.cornell.edu/images/wp107.pdf>
- GMP (Global Malagasy Project), 2001[en ligne]. [Consulté le 26/09/08]. Disponible à partir de: <http://www.tulane.edu/~internut/Countries/Madagascar/madagascarxx.html>.
- Goni I, Garcia-Alonso A, Saura-Calixto F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutr Res* 1997;17:427–437.
- Gordon N. Iron deficiency and intellect. *Brain Dev* 2003;25(1):3-8.
- Grantham Mc Gregor SM, Chang S, Walker SP. Evaluation of school feeding programs: some Jamaican examples. *Am J Clin Nutr* 1998;67 (suppl):785S-789S.
- Grantham Mc Gregor SM, Ani CC. A review of studies on the effect of iron deficiency on cognitive development of children. *J Nutr* 2001;131:649S-668S.
- Grantham Mc Gregor SM, Ani CC. Undernutrition and mental development. *Nestle Nutr Workshop Ser Clin Perform Programme* 2001;5:1-14.
- Grantham Mc Gregor SM, Chang S, Walker SP. Evaluation of school feeding programs: some Jamaican examples. *Am J Clin Nutr* 1998;67 (suppl):785S–789S.
- Greenfield H, Southgate. Food composition data. New York: Chapman and Hall, 1992;263p.
- GRET (Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques). Des outils pour programmer, suivre, évaluer et présenter ses projets : Faciliter la mise en débat et se référer aux objectifs initiaux à chaque étape d'un projet. Coopérer aujourd'hui N 47, 2006 ; 29p.
- Griha H. The determinants of grade attainment in low-income countries: Evidence from rural Bangladesh. *The Developing Economies* 2004, XLII-4:494–509.
- Gross R, De Lima FD, De Freitas CJ, Gross U. The relationships between selected anthropometric and socio-economic data in schoolchildren from different social strata in Rio de Janeiro, Brazil. *Rev Saude Publica* 1990,Vol 24;N°1.
- Haas JD, Brownlie IV T. Iron deficiency and reduced work capacity: a critical review of the research to determine a causal relationship. *J Nutr* 2001;131:676S-690S.
- Hallberg L, Rossander-Hultén L, Brune M, Gleerup A. Bioavailability in man of iron in human milk and cow's milk in relation to their calcium contents. *Pediatr Res* 1992;31(5):524-527.
- Hambidge M: Human zinc deficiency. *J. Nutr.* 2000;130:1344S-1349S.
- Hamill PV, Drizd TA, Johnson CL, Reed RB, Roche AF. NCHS growth curves for children birth-18 years: United States. *Vital Health Stat* 11 1977; 165:i-iv, 1-74.
- Han YM, Yang F, Zhou AG, Miller ER, Ku PK, Hogberg MG, Lei XG. Supplemental phytases of microbial and cereal sources improve dietary phytate phosphorus utilization by pigs from weaning through finishing. *J Anim Sci* 1997;75:1017–1025.

- Hettiarachchi M, Hilmers DC, Liyanage C, Abrams SA. Na₂EDTA enhances the absorption of iron and zinc from fortified rice flour in Sri Lankan children. *J Nutr* 2004;134:3031–3036.
- Hicks KM. Food security and school feeding programs. Washington DC: USAID, 1996; pp9.
- Hocquellet P, L'Hotellier MD. Bioavailability and speciation of mineral micronutrients: the enzymolysis approach. *J AOAC Inter* 1997;80:920-927.
- <http://www.unu.edu/unupress/food2/uid01e/uid01e00.htm#Contents>
- Hurrell RF, Lynch SR, Trinidad TP, Dassenko SA, Cook JD. Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. *Am J Clin Nutr* 1989;49:546–552.
- Hurrell RF, Reddy MB, Juillerat M, Cook JD. Meat protein fractions enhance nonheme iron absorption in humans. *J Nutr* 2006;136:2808-2812.
- Hurrell RF, Reddy MB, Juillerat MA, Cook JD. Degradation of phytic acid in cereal porridges improves iron absorption by human subjects 1–3. *Am J Clin Nutr* 2003;77:1213–1219.
- Hurtado EK, Claussen AH, Scott KG. Early childhood anemia and mild or moderate mental retardation. *Am J Clin Nutr* 1999;69:115–119.
- INACG (International Nutritional Anemia Consultative Group). Iron EDTA for food fortification. Washington DC: The Nutrition Foundation, Inc., 1993.
- INSTAT, ORC Macro. *Enquête Démographique et de Santé de Madagascar 2003-2004*. Calverton, Maryland, USA INSTAT et ORC Macro, 2005.
- INSTAT. Enquête Périodique auprès des Ménages 2004. Antananarivo: INSTAT, 2004; 190p.
- INSTAT. Enquête Périodique auprès des Ménages 2005. Antananarivo: INSTAT, 2005; 238p.
- Ivanovic D, Leiva B, Perez H. Long-term effects of severe undernutrition during the first year of life on brain development and learning in Chilean high school graduates. *Nutrition* 2006;16:1056.
- Ivanovic D, Vasquez M, Marambio M, Ballester D, Zacarias I & Aguayo M. Nutrition and Education.II. Educational achievement and nutrient intake of Chilean elementary and high school graduates. *Arch Latinoam Nutr* 1991;41(4):499-515.
- Izutsu T, Tsutsumi A, Islam AM, Kato S, Wakai S, Kurita H. Mental health, quality of life, and nutritional status of adolescents in Dhaka, Bangladesh: Comparison between an urban slum and a non-slum area. *Soc Sci Med* 2006;63:1477–1488.
- Jackson MJ. The assessment of bioavailability of micronutrients: introduction. *Eur J Clin Nutr* 1997;51(Suppl)1:1S-2S.
- Jacoby ER, Cueto S, Pollitt E. When science and politics listen to each other: good prospects from a new school breakfast program in Peru. *Am J Clin Nutr* 1998;67(suppl):795S–797S.
- Juliano BO, Goddard MY. Cause of varietal difference in insulin and glucose response to ingested rice. *Pl F Hum Nutr* 1986;36:35–41.
- Kane AP, Miller DD. *In vitro* estimation of the effects of selected proteins on iron bioavailability. *Am J Clin Nutr* 1984;39:393-401.
- Kaur M, Kawatra BL. Effect of domestic processing on zinc availability from rice bean (*Vigna umbellata*) diets. *Plant Food Hum Nutr* 2002;57:307–318.
- Kiers JL, Nout MJR, Rombouts FM. *In vitro* digestibility of processed and fermented soya bean, cowpea and maize. *J Sci F Agri* 2000;80:1325-1331.
- Kikafunda JK., Walker AF, Abeyasekera S. Optimising viscosity and energy density of corn porridges for child weaning in developing countries. *Int J Food Sci Nutr* 1997;48:401–409.
- Kim SH, Kim JY, Keen CK. Comparison of dietary patterns and nutrient intakes of elementary schoolchildren living in remote rural and urban areas in Korea: their potential impact on school performance. *Nutr Res* 2005;25:349–363.
- Kubik MY, Lytle LA, Story M. Schoolwide food practices are associated with Body Mass Index in middle school students. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2005;Vol 159:1111-1114.
- Laillou A, Arnaud L, Ramaherisoa M, Ralison C, Monvois C, Trèche S. The Nutrimad School Feeding Program: Impact on failure rate and nutritional status of schoolchildren in Madagascar. *Sight and Life Newsletter* 2006,N°2:4-9.
- Laillou A, de Sesmaisons A, Ralison C, Monvois C, Trèche S. Distributing fortified and high energy density gruel to reduce the failure rate and improve nutritional status of Antananarivo schoolchildren. *Sight & Life Newsletter* 2005;N°2:22-6.

- Lallemant M. Malnutrition et problématique urbaine. *In* : Les malnutritions dans le tiers-monde (Eds D. Lemonnier & Y. Ingenbleek). Colloque INSERM, Vol 136,1986,pp 53-60.
- Laporte J, Kovacsik G, Pinta M. Milieux végétaux, *In*: Pinta, M. (Eds., 2nd édition), Spectrométrie d'absorption atomique, Tome 2: Applications à l'analyse chimique. Paris: Masson, 1980:378-421.
- Lestienne I, Besançon P, Capporiccio B, Lullien-Péllier V, Trèche S. Iron and zinc *in vitro* digestibility in pearl millet flours (*Pennisetum glaucum*) with varying phytate, tannin and fiber contents. *J Agric Food Chem* 2005a,53(8):3240-3247.
- Lestienne I, Caporiccio B, Besançon P, Rochette I, Trèche S. Relative contribution of phytates, fibers, and tannins to low iron and zinc *in vitro* solubility in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) flour and grain fractions. *J Agric Food Chem* 2005b,53(21):8342-8348.
- Lestienne I. Contribution à l'étude de la biodisponibilité du fer et du zinc dans le grain de mil et conditions d'améliorations dans les aliments de complément. Mémoire de Doctorat en Sciences des aliments. Université de Montpellier II: Montpellier, 2004.
- Levinger B. Malnutrition, alimentation scolaire et résultats éducatifs. Paris : Programme de coopération Unesco-Pam-Unicef,1989 ;61p.
- Levinger B. Nutrition, Health and Education for all. New York: Education Development Center, United Nations Development Programme, 1994.
- Lönnerdal B, Yuen M, Glazier C, Litov R. Magnesium bioavailability from human milk, cow milk and infant formula in suckling rat pups. *Am J Clin Nutr* 1993;58:392-397.
- Lugaz C. Les programmes d'alimentation scolaire: définition, mise en œuvre, impact. Paris: UNESCO, 2006; 43p.
- Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition* 2004;20:632-644.
- Lwanga D, Piwoz E. La réussite scolaire dépend d'une nutrition adéquate. In: Résumés de nutrition-Une alliance de multiples secteurs pour une planification et programmation efficaces. Washington DC: USAID, 2002:1-4.
- Lynch SR. Interaction of iron with other nutrients. *Nutr Rev* 1977,55:102-110.
- Mabalia-Babela JR, Massamba A, Ntsila R, Senga P. Statut nutritionnel de l'écolier à Brazzaville : rôle des facteurs environnementaux. *Arch Pediatr* 2003;10:732-737.
- Macphail AP, Patel RC, Bothwell TH, Lamparelli RD. EDTA and the absorption of iron from food. *Am J Clin Nutr* 1994,59:644-648.
- Mannar V, Gallego EB. Iron fortification: country level experiences and lessons learned. *J Nutr* 2002;132:856S-858S.
- Martinez B, Rincon F, Ibanèz MV. Effects of ascorbic acid and ferrous sulphate on trace element extractability by dialyzation of weaning foods. *Food Chem* 2004;86:369-376.
- Mbemba F, Mabiala-Babela JR, Massamba A & Senga P. Profil alimentaire de l'écolier à Brazzaville, Congo. *Arch Pediatr* 2006,13:1022-1028.
- Megazyme. Amidon total: procédure d'essai (Méthode de l'amyloglucosidase et de l'∞-amylase). *Megazyme International Ireland Limited* 2005, 14p.
- Meme MM, Kogi-Makau W, Muroki NM, Mwadime RK, Energy and protein intake and nutritional status of primary schoolchildren 5 to 10 years of age in schools with and without feeding programmes in Nyambene district, Kenya. *Food Nutr Bull* 1998;19(4):334-342. Consulté le [09/04/04]. Disponible à partir de: <http://www.unu.edu/Unupress/food/V194e/begin.htm#Contents>
- MEN (Ministère de l'Education Nationale). Direction de l'Education Fondamentale et Pré-scolaire. Service des examens. Statistique CEPE par Faritany, par Dren et par Cisco. 2009.
- MENRS (Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique). Direction du Pré-scolaire et de l'Education Fondamentale). 2007
- MENRS. PNAS: Politique nationale d'alimentation scolaire: Cadre d'orientation (*version préliminaire*). Antananarivo: MENRS, 2005; 40p.
- Meyers A, Sampson A, Weitzman M, Rogers B, Kayne H. School breakfast program and school performance. *Am J Dis Child* 1989,143:1234-1239.
- Mian RMA, Ali M, Ferroni PA, Underwood P. The Nutritional status of school-aged children in an urban squatter settlement in Pakistan. *Pakistan J Nutr* 2002;1(3):121-3.
- Miller DD, Schricker BR, Rasmussen RR, Van Campen DR. An *in vitro* method for estimation of iron availability from meals. *Am J Clin Nutr* 1981;34:2248-2256.

- MINESEB, CONFEMEN. Evaluation des niveaux de performances des élèves de 10^{ème} et 7^{ème} pour une contribution à l'amélioration de la qualité de l'enseignement primaire à Madagascar. Antananarivo: PASEC, 1999 ; 72p.
- MINESEB. Situation de l'enseignement primaire à Madagascar. MINESEB: Antananarivo, 1999; 71p. Consulté le [15/10/06]. Disponible à partir de: http://www.confemen.org/IMG/pdf/rapport_Madagascar_1999_2.pdf
- MINSANPF, MENRS, ONN, MAEP. *Le Programme National d'Alimentation, de Nutrition et de Santé Scolaire. Ministère de la Santé et du Planning familial (PNANSS)*. Antananarivo: République de Madagascar, 2006. 15p.
- Morck TA, Lynch SR, Cook JD. Inhibition of food iron absorption by coffee. *Am J Clin Nutr* 1983;37:416–420.
- Morgan EH, Oates PS. Mechanisms and regulation of intestinal iron absorption. *Blood Cells Mol Dis* 2002;29:384–399.
- MOST, USAID Micronutrient Program. Enquête sur la Carence en Vitamine. Etats-Unis: MOST et USAID, 2004 ; 58p.
- Mouquet C, Bruyeron O, Trèche S. Caractéristiques d'une bonne farine infantile. *Bull TPA* 1998,15:8-11.
- Mouquet C, Trèche S. Viscosity of gruels for infants: a comparison of measurements procedures. *Int J Food Sci Nutr* 2001,52:389-400.
- Moursi M. Indices et indicateurs de l'alimentation du jeune enfant : développement et validation chez des enfants de 6-23 mois en milieu urbain à Madagascar. Thèse de Doctorat. *Spécialité : Epidémiologie : Université Pierre et Marie Curie*, 2009.
- Müller O, Krawinkel M. Malnutrition and health in developing countries. *JAMC* 2005,173(3):279-286.
- Mukherjee MJ, Chaturvedi S, Bhalwar R. Determinants of nutritional status of school children. *MJAFI* 2008;64:227-231.
- Multon JL. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires: Le contrôle de qualité, principes généraux et aspects législatifs, 2^{ème} éd. Paris: Tec et Doc, Lavoisier, 1991;1: 396p.
- Musamali B, Wallingo MK, Mbagaya GM. Impact of school lunch programmes on nutritional status of children in Vihiga district, Western Kenya. *Afr J Agri Nutr Development* 2007,Vol 7(6):1-14.
- Musamali B. Impact of school lunch programmes on nutritional status of children in Vihiga district, Western Kenya. *AJFAND* 2007,Vol 7;N°6.
- Muthayya S, Thomas T, Srinivasan K, Rao K, Kurpad AV, Van Klinken JW, Owen G, de Bruin EA. Consumption of a mid-morning snack improves memory but not attention in school children. *Physiol Behav* 2007;90(1) :142-150. [Consulté le 06/08/08]. Disponible à partir de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2006.09.025>
- National Center for Health Statistics (NCHS). *Population Index* 1977;Vol 43(2):212-216.
- Njatosoa AF. Effets de la cantine scolaire sur la santé et la scolarisation. Thèse de Doctorat en Médecine. Faculté de Médecine, Antananarivo, 2009.
- Noriega VJA, Ibanez DSE, Ramos PMO, Carbajal MMM. Evaluation of the effects of a school breakfast program on attention and memory. *Arch Latinoam Nutr* 2000;50(1):35-41.
- Olivares AB, Martinez C, Lopez G, Ros G. Influence of the design of a product on *in vitro* mineral availability of homogenized weaning foods. *Innovative Food Sci Emerging Techn* 2001;2:181-187.
- OMS. Mesure des modifications de l'État Nutritionnel. Guide pour la mesure de l'impact nutritionnel des programmes d'alimentation complémentaire visant les groupes vulnérables. Genève: OMS; 1983;63p.
- ONU. Rapport national de suivi des OMD (Objectifs du Millénaire pour le Développement) – 2007. Vision Madagascar. New York : ONU, 2007 ; 56p.
- PAM. La faim et la capacité d'apprendre. Collection: la faim dans le monde. Rome: PAM, 2006 ;16p.
- Parson AM. The school milk experience in Madagascar. (Article présenté lors de la première conférence régionale du projet «School milk» de l'Afrique de l'Est et du Sud à Kampala, Uganda, Septembre 2005). Thème de la conférence «Milk in schools: Realizing nutritional and economic benefits».
- Partnership for Child Development. The anthropometric status of school children in five countries in the Partnership for Child Development. *Proc Nutr Soc* 1998;57:149-158.
- 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.
- Pasquet R, Fotso M, Noubi L, Trèche S. Comparaison de la valeur nutritionnelle de quelques légumineuses locales à celle des légumineuses introduites ou en voie d'introduction au Cameroun. *Sci Santé* 1987, Tome IV;N°1(2) :67-75.

- Penland JG. Behavioral data and methodology issues in studies of zinc nutrition in humans. *J Nutr*, 2000;130:361–364S.
- Perez-Llamas F, Diepenmaat-Wolters MGE, Zamora S. *In vitro* availability of iron and zinc: effects of the type, concentration and fractions of digestion products of the protein. *Br J Nutr* 1996;76:727-741.
- Perez-Llamas F, Diepenmaat-Wolters MGE, Zamora S. Influence of different types of protein on *in vitro* availability of intrinsic and extrinsic iron and zinc. *J Sci F Agri* 1997;75(3):303-311.
- Pietzsch S, Kadadshani K, Dharsanie D, Sivasuthan R, Nesharasha T. Mid-day meal evaluation. *IFSP Technical Paper 12* 2001,24p.
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement). Rapport National sur le Développement Humain 2003 « Genre, Développement humain et pauvreté ». Madagascar: PNUD, 2003, 255p.
- PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement). Rapport National sur le Développement Humain 2006 « Les technologies de l'information et de la communication et Développement humain ». Madagascar: PNUD, 2006, 249p.
- Pollitt E. Nutrition et résultats scolaires. Collection éducation nutritionnelle. Paris: UNSECO, 1984 ; N°9, 43p.
- Pongou R, Ezzati M; Salomon JA. Household and community socioeconomic and environmental determinants of child nutritional status in Cameroon. *BMC Pub Health* 2006,6:98. [Consulté le 14/07/08]. Disponible à partir de: <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/6/98>
- Powell CA, Walker SP, Chang SM, Grantham-Mc Gregor SM. Nutrition and education: a randomized trial of the effects of breakfast in rural primary school children. *Am J Clin Nutr* 1998,68:873-879.
- Rakotoarivelo JM. Contribution à la mise au point d'aliments fortifiés pour les groupes vulnérables de population et à l'étude de fonctionnement et de l'impact de cantines scolaires dans la région de l'Androy. Mémoire de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) de Biochimie, *Option: Sciences de l'Alimentation et de la Nutrition: Faculté des Sciences, Antananarivo*, 2007. Disponible à partir de : http://theses.recherches.gov.mg/pdfs/rakotoarivelojm_sn_m2_07.pdf
- Rameshwar Sarma KV, Udaykumar P, Balakrishna N, Vijayaraghavan K, Sivakumar B. Effect of micronutrient supplementation on health and nutritional status of schoolchildren: growth and morbidity. *Nutrition* 2006,22:8S-14S.
- Ratsito VN. Etude et caractérisation de la consommation alimentaire des enfants d'âge scolaire à Antananarivo : Appui à la mise en place de cantines scolaires. Mémoire de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) de Biochimie, *Option: Sciences de l'Alimentation et de la Nutrition: Faculté des Sciences, Antananarivo*, 2004. Disponible à partir de : http://theses.recherches.gov.mg/pdfs/ratsitov_sn_m2_04.pdf
- Razafindrazaka RV. Elaboration et évaluation d'une stratégie d'amélioration de l'alimentation de complément des jeunes enfants à Brickaville (Côte Est de Madagascar). Thèse de Doctorat en Sciences de la Vie. *Option: Biochimie: Faculté des Sciences, Antananarivo*, 2006. Disponible à partir de : http://theses.recherches.gov.mg/pdfs/razafindrazakarv_sn_doc3_06.pdf
- Reddy NR. Occurrence, distribution, content and dietary intake of phytate. In: Reddy NR, Sathe SK (Eds). *Food phytates*. Boca Raton: CRC Press, 2002:25-51.
- République de Madagascar, Système des Nations Unies. Madagascar-Bilan commun des pays CCA. Antananarivo : UNESCO, 2003; 82p.
- Rivera JA, Sotres-Alvarez D, Habicht JP, Shamah T, Villalpando S. Impact of the Mexican Program for education, health, and nutrition (Progresa) on rates of growth and anemia in infants and young children: A randomized effectiveness study. *JAMA* 2004;291(21):2563-2570.
- Sagum R, Arcot J. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and *in vitro* starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. *Food Chem* 2000;70:107–111.
- Salgueiro MJ, Zubillaga MB, Lysionek AE, Caro RA, Weill R, Boccio JR. The role of zinc in the growth and development of children. *Nutrition* 2002;18:510-519.
- Sandberg AS, Andlid T. Phytogetic and microbial phytases in human nutrition. *Inter J Food Sci Techno* 2002;37:823–833.
- Shariff ZM, Bond JT, Johson NE. Nutritional status of primary school children from low income households in Kuala Lumpur. *Mal J Nutr* 2000;6:17-32.
- Singh M. Role of micronutrients for physical growth and mental development. *Indian J Pediatr* 2004,71(1):59-62.
- Snedecor W, Cochran WG. Méthodes statistiques, 6^{ème} éd. Paris: ACTA, 1971.

- Somsook E, Hinsin D, Buakhrong P, Teanchai R, Mophan N, Pohmakotr M, Shiowatana J. Interactions between iron(III) and sucrose, dextran, or starch in complexes. *Carbohydr Polym* 2005,61:281–287.
- Sorhaindo A, Feinsten L. What is the relationship between child nutrition and school outcomes? London: Centre for Research on the Wider Benefits of Learning; 2006; 52p.
- Suryadarma D, Suryahadi A, Sumarto S, Halsey Rogers F. The determinants of student performance in Indonesian public primary school: the role of teachers and schools. Djakarta: SMERU Research Institute, 2004; 40p.
- Swain JH, Newman SM, Hunt JR. Bioavailability of Elemental Iron Powders to Rats Is Less than Bakery-Grade Ferrous Sulfate and Predicted by Iron Solubility and Particle Surface Area. *J Nutr* 2003,133:3546–3552.
- Swindale A, Ori-Vachaspati P. Measuring household food consumption: A technical guide. Washington DC: Food and Nutrition Technical Assistance (FANTA) Project, Academy for Educational Development (AED), 2004.
- Talamond P, Doulebeau S, Rochette I, Guyot JP, Trèche S. Anion-exchange high-performance liquid chromatography with conductivity detection for the analysis of phytic acid in food. *J Chromatogr* 2000,A871:7-12.
- Tester RF, Karkalas J, Qi Xin. Starch composition, fine structure and architecture. *J Cer Sci* 2004;39:51-165
- The Partner 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;92:254-61.
- Thuy PV, Berger J, Davidsson L, Khan NC, Lam NT, Cook JD, Hurrell RF, Khoi H. Regular consumption of NaFeEDTA-fortified fish sauce improves iron status and reduces the prevalence of anemia in anemic Vietnamese women. *Am J Clin Nutr* 2003;78:284–290.
- Tinklin T, Croxford L, Ducklin A, Frame B. Gender and pupils performance. Edinburgh: Scottish Executive Education Department, 2001; 20p.
- Torun B, Davies PSW, Livingstone MBE, Paolisso M, Sackett R, Spurr GB. Energy recommendations and dietary energy recommendations for children and adolescents A 1 to 18 years old. *Eur J Clin Nutr* 1996;Vol 50(Suppl 1) : 1S-37S.
- Trèche S, Mouquet-Rivier C. Use of amylases in infant food. In: Porta R, Di Pierro P, Mariniello L (Eds). Recent Research Developments in Food Biotechnology. Enzymes as additives or processing aids. Kerala: Research Signpost,2008:213-245.
- Uauy RD, Birch DG, Birch EE, Tyson JE, Hoffman DR. Effect of dietary Omega-3 fatty acids on retinal function of very-low-birth-weight neonates. *Pediatr Res* 1990;28(5):485-492.
- Ulukanligil M, Seyrek A. Demographic and socio-economic factors affecting physical development, haemoglobin and parasitic infection status of schoolchildren in Sanliurfa province, Turkey. *Pub Health* 2004;118:151-158.
- Uysal H, Bilgiçli N, Elgün A, İbanoğlu S, Herken NE, M Demir MK, Effect of dietary fibre and xylanase enzyme addition on the selected properties of wire-cut cookies. *J Food Eng* 2007,Vol 78(3):1074-1078.
- Van Soest PS; Wine RH. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds IV Determination of plant cell-wall constituents. *J Assoc Off Anal Chem* 1967,50:50-55.
- Vazir S, Nagalla B, Thangiah V, Kamasamudram V, Bhattiprolu S. Effect of micronutrient supplement on health and nutritional status of schoolchildren: mental function. *Nutrition* 2006,22:26S–32S.
- Verma RS, Motzok I, Chen SS, Rasper J, Ross HU. Effect of storage in flour and of particle size on the bioavailability of elemental iron powders for rats and humans. *J Assoc Off Anal Chem* 1977; 60:759–765.
- Wainwright P. Nutrition and behaviour: the role of *n*-3 fatty acids in cognitive function. *Br J Nutr* 2000;83:337–339.
- Wainwright PE. Dietary essential fatty acids and brain function: a developmental perspective on mechanisms. *Proc Nutr Soc* 2002;61(1):61-69.
- Walsh CM, Dannhauser A, Joubert G. The impact of a nutrition education programme on the anthropometric nutritional status of low-income children in South Africa. *Pub Heal Nutr* 2001;5(1):3-9.
- Walter T, Kovalskys J, Stekel A. Iron deficiency anaemian infancy and early childhhod. *J Pediatr* 1983;102(4):519-522.
- Wegmüller R, Zimmermann MB, Moretti D, Arnold M, Langhans W, Hurrell RF. Particle size reduction and encapsulation affect the bioavailability of Ferric Pyrophosphate in rats. *J Nutr* 2004,331:3301-04.
- WFP, 2005. Disponible à partir de:
http://www.wfp.org/appeals/Projected_needs/documents/by_countries/450.pdf

WFP. Global School Feeding Report. Rome:WFP, 2003; 78p.

Whaley SE, Sigman M, Neumann C, Bwibo N, Guthrie D, Weiss SE, Alber S, Murphy SP. The impact of dietary intervention on cognitive development of Kenyan school children. *J Nutr* 2003,133:3965S-3971S.

WHO. Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge. Geneva: World Health Organization, 1998.

Wienk KJH, Marx JJM, Beynen AC. The concept of iron bioavailability and its assessment. *Eur J Nutr* 1999;38:51-75.

ANNEXES

Annexe 1 :

Mode de préparation de la collation fortifiée Nutrimad au niveau des écoles

Fiche recette KOKA TSINJO

Page 1/2

Ingrédients

Poids de la farine	Huile	Eau froide	Bouillie
kg	ml	L	kg
4,5	88	12	14

← Pour 40 rations

Matériels



1 casserole aluminium n°45



1 fatapera charbon
- Ø ext. 37,5 cm
- Ø int. 32,5 cm



1 spatule en bois pour remuer la bouillie



1 seau gradué 15 L pour l'eau



1 mesure graduée 1 kg pour la farine



1 mesurette pour l'huile

Fiche recette KOKA TSINJO

Page 2/2

Mode de préparation

1)- Allumer le fatapera



2)- Mesure de l'eau



Verser 12 L d'eau dans le seau

3)- Mesure de l'huile



Verser de l'huile jusqu'au bord creux de la mesurette

4)- Mesure de la farine



1 mesure graduée (4,5 kg)

Verser 4,5 kg de farine dans la casserole

5)- Mélange farine + eau - à froid -



Verser l'huile et la moitié du seau d'eau dans la casserole et homogénéiser. Lorsque le mélange est homogène, verser le reste de l'eau puis remuer

6)- Cuisson de la farine



Le feu doit être fort avant de déposer la casserole.



Remuer constamment avec une spatule. Porter à ébullition la bouillie pendant 15 min

7)- Mise en attente

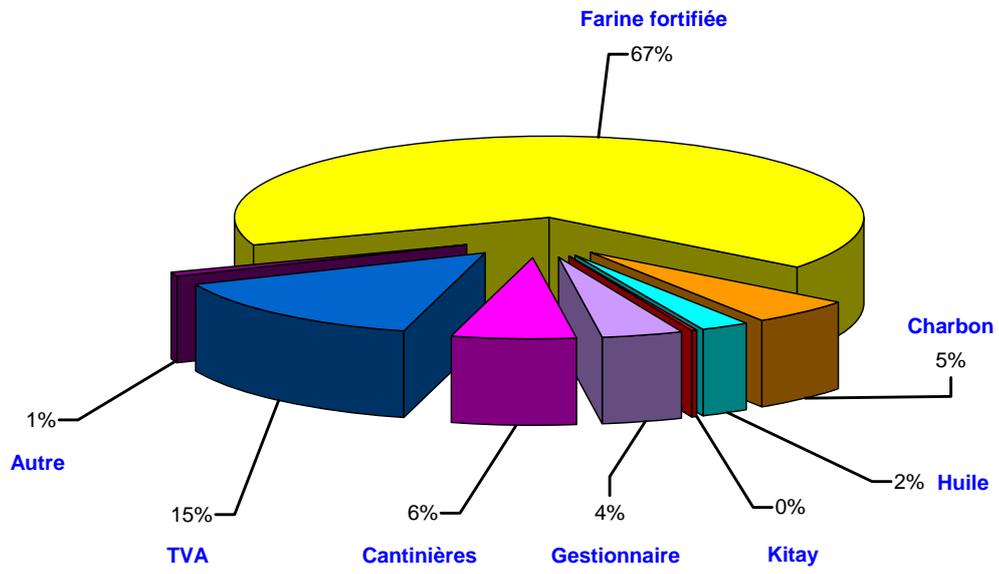


Retirer du feu. Poser le couvercle sur la casserole, afin de conserver la chaleur de la bouillie avant la distribution.

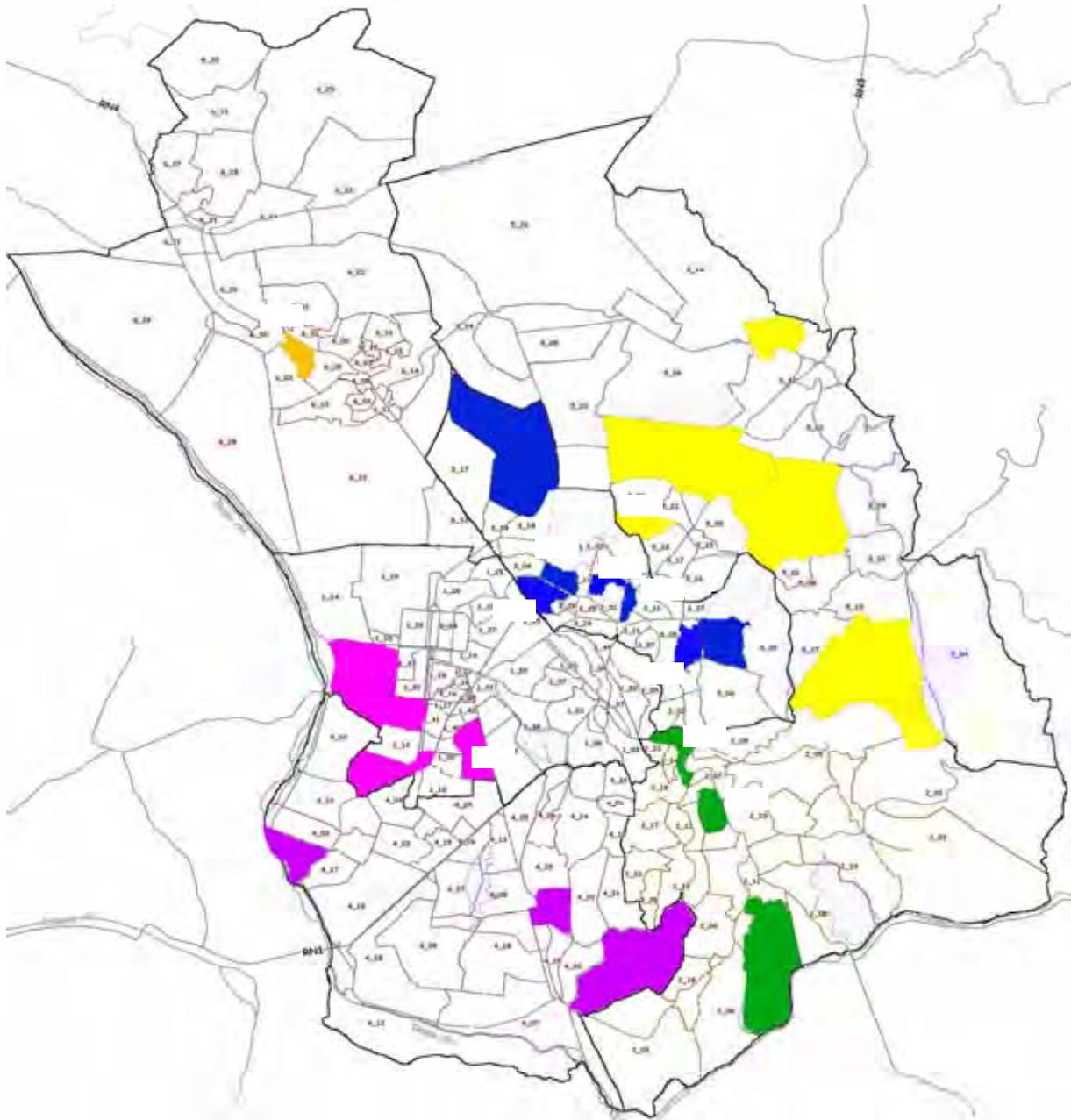
Durée totale ~ 45 min
Durée ébullition = 15 min

Annexe 2 :

Structure du coût de la collation fortifiée distribuée dans le cadre du PAS-Nutrimad



Annexe 3: Localisation des 23 écoles primaires publiques dans les différents arrondissements de la commune urbaine d'Antananarivo



Indicateur de l'EPP (exemple : 1_12 : numéro arrondissement-numéro quartier)

<p>I^{er} arrondissement :</p> <ul style="list-style-type: none"> 1_12 : Andavamamba-Anjezika II 1_13 : Andohatopenaka I 1_21 : Antetazana afovoany I 1_42: Manarintsoa antsinanana 	<p>III^{ème} arrondissement :</p> <ul style="list-style-type: none"> 3_08 : Ampandrana antsinanana 3_10 : Andranomahery Akorondrano 3_11 : Andravoahangy I 3_15 : Ankadifotsy II (Ankaditapaka avaratra) 3_20 : Antanimena 3_28 : Avaradoha 3_32 : Ankadifotsy I (Mandalaza Ankadifotsy) 	<p>IV^{ème} arrondissement:</p> <ul style="list-style-type: none"> 4_11: Ankaditoho-marohoho 4_16: Anosipatrana 4_21: Fiadanana
<p>II^{ème} arrondissement:</p> <ul style="list-style-type: none"> 2_15: Ambavahadimitafo 2_20: Volosarika 2_21: Ambohimitsimbina 	<p>V^{ème} arrondissement:</p> <ul style="list-style-type: none"> 5_05 : Amboditsiry 5_11 : Analamahitsy Cité 5_13: Andraisoro 5_23 : Manjakaray 5_25 : Nanisana 	<p>VI^{ème} arrondissement:</p> <ul style="list-style-type: none"> 6_04 : Antsararay

Annexe 4:

Questionnaire distribué aux enseignants des 23 EPP

QUESTIONNAIRE aux INSTITUTEURS

Nom:

Prénoms:

Date de l'enquête:.....

Ecole :

1. **Quel âge avez-vous ?** (Ecrivez le nombre) _____ ans

2. **Quel est le niveau scolaire le plus élevé que vous ayez atteint?** (Cochez la case correspondante)

Inférieure au 6^{ème}

Collège

Lycée

Université

3. **Quel est le diplôme le plus élevé que vous ayez obtenu?** (Cochez la case correspondante)

Aucun diplôme

BAC Général

CEPE

BAC en éducation

BAE

BAC Technique ou équivalent

BEPC

Diplôme de l'enseignement supérieur

Autre diplôme inférieur au BAC,
précisez _____

Autre, précisez _____

4. **Quelle a été la durée de votre formation pédagogique initiale?** (Cochez la case correspondante)

Je n'ai reçu aucune formation pédagogique initiale

de 3 à moins de 6 mois

moins d'un mois

de 6 à moins de 9 mois

de 1 à 3 mois

de 1 année scolaire

Plus d'une année scolaire

5. **Durant cette formation, quelle a été la durée de formation pratique (en situation de classe)?**

_____mois _____jours

6. **Avez-vous bénéficié d'une formation complémentaire (stage pédagogique, séminaire de formation, journées pédagogiques...) au cours des deux dernières années?** (Cochez la case correspondante)

Oui, précisez la durée totale _____ jours

Non

7. **Depuis combien de temps avez-vous enseigné dans cette école?** (Ecrivez le nombre)
_____ans

Annexe 5 :
Questionnaire distribué aux directeurs des 23 EPP

QUESTIONNAIRE aux DIRECTEURS

Nom Directeur :

Prénoms Directeur :

Date de l'enquête:.....

Ecole :

I- Caractéristiques du directeur de l'Ecole

1. Vous êtes (*Cochez la case correspondante*) :

- Homme
- Femme

2. Quel âge avez-vous ? (*Ecrivez le nombre*) _____ ans

3. Quelle est votre situation matrimoniale? (*Cochez la case correspondante*)

- marié(e)
- célibataire
- veuf(ve)/divorcé(e)/séparé

4. Où est-ce que vous habitez pendant l'année scolaire (*Cochez la case correspondante*)

- A l'école
- Dans le quartier de l'école
- Hors du quartier de l'école

5. Quel est le niveau scolaire le plus élevé que vous ayez atteint? (*Cochez la case correspondante*)

- Inférieure au 6^{ème}
- Collège
- Lycée
- Université

6. Quel est le diplôme le plus élevé que vous ayez obtenu? (*Cochez la case correspondante*)

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Aucun diplôme | <input type="checkbox"/> BAC Général |
| <input type="checkbox"/> CEPE | <input type="checkbox"/> BAC en éducation |
| <input type="checkbox"/> BAE | <input type="checkbox"/> BAC Technique ou équivalent |
| <input type="checkbox"/> BEPC | <input type="checkbox"/> Diplôme de l'enseignement supérieur |
| <input type="checkbox"/> Autre diplôme inférieur au BAC, | <input type="checkbox"/> Autre, précisez _____ |

7. Quelle a été la durée de votre formation pédagogique initiale? (Cochez la ou les cases correspondantes)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Je n'ai reçu aucune formation pédagogique initiale | <input type="checkbox"/> de 6 à moins de 9 mois |
| <input type="checkbox"/> moins d'un mois | <input type="checkbox"/> de 1 année scolaire |
| <input type="checkbox"/> de 1 à 3 mois | <input type="checkbox"/> Plus d'une année scolaire |
| <input type="checkbox"/> de 3 à moins de 6 mois | |

II- Caractéristiques de l'Ecole

8. Quel est le?:

- Nombre d'années d'existence de l'école:.....
Nombre de classes dans l'école (de CP1 à CM2):.....
Nombre d'enfants dans l'école (de CP1 à CM2):.....
Nombre d'instituteurs dans l'école (de CP1 à CM2):.....
Nombre de salles de classe dans l'école:.....
Nombre d'élèves en CP1:.....
Nombre d'élèves en CP2:.....
Nombre d'élèves en CE:.....
Nombre d'élèves en CM1:.....
Nombre d'élèves en CM2:.....
Nombre de réunion des parents d'élèves au cours d'une année scolaire:.....
Taux de réussite moyen sur les trois dernières années dans l'école:.....%

9. L'école possède-t-elle un.....: (cochez la ou les cases correspondantes)

- | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Local pour le directeur | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Magasin pour garder le matériel | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Bibliothèque équipée et fonctionnelle | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Salle spécifique pour les instituteurs/maîtres | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Salle informatique | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Boîte à pharmacie/infirmerie | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Un/des logements de service | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Toilettes/latrines pour les élèves | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Cantine gratuite | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Terrain matérialisé de sport | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Clôture entourant complètement l'école | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Électricité | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Point d'eau potable | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Ne possède aucun de ces matériels | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |

10. Le fokontany/quartier où l'école se situe dispose-t'il d'un?:

- | | | |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Route goudronnée | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Lycée | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Ligne téléphonique | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Poste de police/gendarmerie | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Banque | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |
| Caisse d'épargne | <input type="checkbox"/> Oui | <input type="checkbox"/> Non |

Annexe 6 :

Questionnaire socio-économique distribué aux familles des 23 EPP



QUESTIONNAIRE FAMILLE

Messieurs, Mesdames,

Dans le cadre du projet Nutrimad proposant la vente de la Koba Tsinjo dans les écoles de vos enfants, nous aimerions recueillir des données sur les familles afin de mieux connaître l'environnement des enfants allant dans les EPP. Ces données nous permettront d'améliorer notre service et, à long terme, d'étendre le projet Nutrimad à d'autres écoles d'Antananarivo. Nous vous serions donc reconnaissants de remplir cette fiche le plus tôt possible.

Si vous rencontrez des difficultés, n'hésitez pas à demander de l'aide à des amis, voisins, ou même à l'instituteur... Dès que vous avez rempli ce questionnaire, donnez le à votre enfant pour qu'il le remette à son instituteur.

POUR VOUS REMERCIER DE VOTRE COOPERATION, UNE BOUILLIE GRATUITE SERA DISTRIBUEE A CEUX QUI REPONDENT A TOUTES LES QUESTIONS

Répondez aux questions suivantes dans l'ordre chronologique ; pour les questions à réponses multiples, COCHEZ la bonne réponse.

IDENTIFICATION DE L'ELEVE

Nom de l'enfant : _____

Prénom de l'enfant : _____

Nom de l'EPP : _____

Classe et groupe auxquels l'élève appartient : _____

RENSEIGNEMENTS SUR L'ELEVE

L'enfant a-t-il redoublé ?

Oui

Non

Si OUI, combien de fois depuis qu'il est allé à l'école:

- en T1/CP1 :

1 fois

2 fois

3 fois

Plus de 3 fois

- en T2/CP2 :

1 fois

2 fois

3 fois

Plus de 3 fois

- en T3/CE :

1 fois

2 fois

3 fois

Plus de 3 fois

- en T4/CM1 :

1 fois

2 fois

3 fois

Plus de 3 fois

- en T5/CM2 :

1 fois

2 fois

3 fois

Plus de 3 fois

Tournez la page, s'il vous plait

RENSEIGNEMENTS CONCERNANT LA FAMILLE

Quel est le niveau scolaire le plus élevé atteint par la maman ou la personne qui s'occupe de l'enfant (tante, grand-mère...)?

- Jamais allé à l'école
- Jamais allé à l'école mais sait lire
- EPP
- CEG
- Université
- Je ne sais pas

Quel est le niveau scolaire le plus élevé atteint par le papa ou le chef de ménage?

- Jamais allé à l'école
- Jamais allé à l'école mais sait lire
- EPP
- CEG
- Université
- Je ne sais pas

Combien d'enfants vivent sous le même toit ?

Parmi ces enfants, combien vont à l'école distribuant la Koba Bolo ?

Au domicile où vit l'enfant, les personnes responsables possèdent-ils les biens suivants ?

 <p>Raccordement à l'électricité</p>	 <p>Télévision</p>	 <p>Radio</p>
 <p>Table</p>	 <p>Salon</p>	

Avant que l'enfant ne parte à l'école la dernière fois qu'il y est allé, combien d'argent lui avez vous donné ?

AR

Ne donne pas d'argent

Avec cet argent, l'obligez-vous à acheter un goûter ?

Oui

Non

Si vous l'obligez à acheter à manger, est-ce que vous lui imposez l'achat de la Koba servie à l'école ?

Oui

Non

Pensez-vous que votre enfant a grandi normalement depuis sa naissance ?

Oui

Non

Je ne sais pas

Pensez-vous que votre enfant a grossi normalement depuis sa naissance ?

Oui

Non

Je ne sais pas

Oui

Non

Je ne sais pas

Annexe 7: Comparaison des caractéristiques des fokontany des écoles enquêtées et de l'ensemble des fokontany de la CUA

Code du fokontany	Superficie (en km ²)	Population	Densité (hab/km ²)	Nombre total de toits	Nombre total de ménages	Nb moyen personnes/ ménages	Nb moyen de personnes/ toit	Nb moyen de ménages/ toit	
1_12	0,27	5 600	21 060	750	1 147	5	7	1	
1_13	0,45	11 974	26 702	1 792	2 228	5	7	1	
1_21	0,28	6 876	24 399	1 060	1 339	5	6	1	
1_42	0,23	7 010	31 041	830	1 587	4	8	1	
2_15	0,21	4 115	19 917	369	978	4	11	1	
2_20	0,14	5 056	37 004	405	800	6	12	1	
2_21	0,19	2 658	13 758	169	329	8	16	1	
3_08	0,13	4 300	33 569	366	714	6	12	1	
3_10	0,18	2 709	15 408	232	599	5	12	1	
3_11	0,38	5 055	13 189	486	1 121	5	10	1	
3_15	0,15	1 578	10 526	146	346	5	11	1	
3_20	0,19	8 144	42 817	450	1 325	6	18	1	
3_28	0,10	5 369	55 574	491	1 210	4	11	1	
3_32	0,04	2 134	54 397	457	581	4	5	1	
4_11	0,89	9 065	10 159						
4_16	0,24	4 077	16 933	402	1 004	4	10	1	
4_21	0,19	3 019	16 043	850	1 700	2	4	1	
5_05	1,11	12 340	11 071	1 257	2 566	5	10	1	
5_11	0,24	3 113	12 984	587	698	4	5	1	
5_13	1,37	21 210	15 451	2 980	5 560	4	7	1	
5_23	0,17	7 922	46 544	400	1 400	6	20	1	
5_25	1,19	15 355	12 946	1 135	3 071	5	14	1	
6_04	0,09	4 019	42 862	232	710	6	17	1	
Moyenne±ET (Valeurs extrêmes)	23Fkt	0,40±0,41	6634±4809	24028±13687	752±673	1498±1209	5±1	11±4	2±1
		0,06-1,37	1578-21210	8763-57944	146-2980	329-5560	2-8	4-20	1-4
	CUA	0,45±0,60	6088±4041	29451±25753	1366±956	686±665	5±2	11±7	3±3
		0,02-4,52	621-24093	270-184751	155-5560	62-5381	1-12	3-64	1-42

Code Fokontany	% de sexe féminin	% >5 ans	% 5-14 ans	% 15-19 ans	% 20-29 ans	% 30-44 ans	% 45-54 ans	% ≥55 ans	
1_12	52,86	14,4	22,3	11,2	21,5	19,0	6,9	4,8	
1_13	58,33	11,6	20,6	12,4	24,5	24,0	5,3	1,7	
1_21	53,04	11,3	23,7	9,4	20,6	21,3	7,8	5,8	
1_42	49,60	6,8	17,9	10,3	21,8	28,2	11,1	4,0	
2_15	50,94	11,5	21,9	9,9	20,0	19,1	9,3	8,4	
2_20	55,68	11,1	31,1	19,1	12,7	16,1	5,9	4,0	
2_21	59,22	6,8	18,2	15,5	16,7	25,6	12,5	4,7	
3_08	53,26	27,6	11,4	9,6	18,1	20,7	7,5	5,2	
3_10	51,20	8,4	23,3	9,6	20,5	23,7	9,5	5,0	
3_11	49,83	10,1	22,7	12,2	20,8	20,9	7,7	5,6	
3_15	53,68	5,4	18,6	8,3	19,4	24,3	11,9	12,2	
3_20	56,73	21,0	21,2	11,0	20,0	18,5	6,1	2,2	
3_28	51,42	8,8	18,3	15,5	10,9	19,8	13,0	13,9	
3_32	49,16	7,5	19,7	7,9	19,7	23,5	12,1	9,6	
4_11	48,42	6,9	23,3	7,3	20,6	21,3	7,1	13,6	
4_16	50,72	8,6	24,3	12,6	22,0	18,8	8,5	5,3	
4_21	53,46	7,7	23,9	8,2	22,1	21,8	9,4	6,9	
5_05	49,37	10,3	23,2	9,0	19,6	21,6	10,1	6,3	
5_11	54,03	7,2	20,9	8,0	19,0	24,4	9,7	10,8	
5_13	48,07	11,3	27,3	11,5	19,5	18,6	8,8	3,0	
5_23	52,51	7,1	20,8	11,9	20,9	22,3	10,9	6,0	
5_25	54,22	6,0	14,9	16,0	17,7	20,1	14,1	11,2	
6_04	50,68	8,9	27,2	16,8	19,2	18,3	7,6	1,9	
Moyenne ±ET (Valeurs extrêmes)	23 Fkt	52,1±3,1 47,3-59,2	8,7±5,1 0,4-27,6	21,1±4,7 11,4-31,1	10,8±3,4 4,5-19,1	21,1±2,4 12,7-24,7	22,0±3,1 16,1-28,2	9,9±3,2 5,3-18,9	7,3±3,5 1,7-13,6
	CUA	51,7±3,5 44,4-74,9	8,9±3,93 0,4-32,8	10,4±2,6 2,6-18,6	21,0±4,1 11,6-43,0	20,0±3,7 7,3-36,3	22,5±5,1 9,0-67,2	10,9±5,5 3,8-71,6	7,0±3,2 1,4-18,1

Code Fokontany	Nombre de CSB2	Nombre d'autres structures sanitaires	Nombre de CEG	Nombre de lycées	Nombre de WC public fonctionnel	Nombre de douches publiques	Nombre de bornes fontaines	Nombre de bacs à ordures	Nombre de lavoirs publics	
1_12	0	0	0	0	0	1	4	1	2	
1_13	0	0	0	0	0	0	8	1	0	
1_21	0	0	0	0	1	1	6	3	1	
1_42	0	0	0	0	1	0	3	4	0	
2_15	1	0	0	0	1	1	5	6	1	
2_20	1	0	0	0	1	1	2	1	1	
2_21	0	0	0	0	0	0	4	2	0	
3_08	0	0	0	0	0	0	8	1	2	
3_10	0	1	1	1	1	0	4	4	1	
3_11	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
3_15	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
3_20	1	0	0	0	0	0	2	5	0	
3_28	0	0	0	0	0	0	5	3	3	
3_32	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
4_11	0	0	0	0	0	0	6	3	0	
4_16	0	0	0	0	0	0	3	4	1	
4_21	0	0	0	0	0	0	5	3	1	
5_05	0	0	0	0	1	1	8	3	1	
5_11	1	0	0	0	3	1	1	2	0	
5_13	0	0	0	0	2	2	17	3	1	
5_23	0	0	0	0	1	1	3	2	0	
5_25	0	0	0	0	1	1	6	6	2	
6_04	0	0	0	0	0	1	2	0	0	
% de FKT possédant l'infrastructure considérée	23 Fkt	21,7	4,3	17,4	8,7	47,8	43,5	95,7	87,0	56,5
	CUA	9,9	8,3	7,8	5,2	30,2	29,2	97,4	79,1	48,4

Annexe 8 :

Modes de calcul utilisés pour estimer la digestibilité *in vitro* des fractions RDS, de l' Amidon 120 et des fractions SDS de l'amidon

Les fractions SDS et l' Amidon 120 correspondent à l'amidon digestible après 20 min et 120 min d'incubation dans les solutions enzymatiques.

Les fractions RDS et Amidon 120 se calculent selon la même formule générale suivante, les valeurs de chaque variable sont cependant spécifiques pour chaque dosage (de RDS ou de A 120). En effet, les concentrations [Glc] dépendent de l'absorbance obtenue pour chaque fraction dosée et que le volume total V_t diminue au fur et à mesure des prélèvements.

Les fractions SDS de l'amidon sont obtenues en enlevant les fractions RDS de l' Amidon 120.

$$[\text{RDS}] \text{ ou } [\text{A}_{120\text{min}}] \text{ (g/100g MS)} = ([\text{Glc}] * 0,9 * V_t * V_{\text{dil}} * d * 100) / (V_{\text{prélè}} * m * \text{MS}/100) / 1000$$

$$[\text{SDS}] = [\text{A}_{120\text{min}}] - [\text{RDS}]$$

Où :

[Glc]	=	concentration en glucose après hydrolyse de l'amidon, valeur obtenue grâce à l'absorbance et d'après la droite d'étalonnage.
V_t	=	volume total avant prélèvement (en mL).
V_{dil}	=	volume de dilution (en mL).
$V_{\text{prélè}}$	=	volume du prélèvement effectué (en mL)
m	=	masse d'échantillon (en g).
MS/100	=	pourcentage de matière sèche
d	=	facteur de dilution

Annexe 9 :

Fiche d'enregistrement des observations réalisées au cours de la
préparation des bouillies par les cantinières

FICHE CANTINIÈRE : SUIVI QUALITÉ NUTRITIONNELLE
--

EPP : ____

Marmite : ____

Semaine	1	2	3	4	5	6	7	8
Code prélèvement								
Quantité farine								
Quantité d'huile								
Quantité d'eau								
Durée de cuisson (min)								
T° max atteinte (°C)								
Durée de cuisson (T° au dessus de 75°C)								
T° au moment du retrait du feu								
Durée entre retrait du feu jusqu'à T° 45°C								
Ecoulement (mm/30s)								

Annexe 10:

Fiche de recueil des appréciations des enfants sur la consistance des bouillies

Nom de l'école		Année scolaire	Groupe:	Matin /__ /				
Classe		Consistance bouillie :		Après-midi /__ /				
N°	Index	Nom	Prénom	Date: __ / __ / 20__				
				1	2	3	4	5
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
TOTAL								
PRESENCE								

Appréciations : 1 = beaucoup trop liquide,
4 = trop solide,

2 = trop liquide

3 = Ni trop liquide ni trop solide,

5 = Beaucoup trop solide

Annexe 11:

Fiche de recueil des quantités de bouillie ingérée par les enfants

Nom de l'EPP Année scolaire		Groupe:		Matin /__ /					
Classe				Après-midi /__ /					
N°	Index	Nom	Prénom	Koba	Abs	Date: __ / __ / 20__			
						RESTES			
						Pas du tout	Peu	Beaucoup	Partage
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
		TOTAL							
		PRESENCE							

Annexe 12:

Questionnaire distribué aux enfants pour l'année scolaire 2004-2005 afin de recueillir les différents aliments qu'ils ont consommé la veille

STRUCTURE JOURNALIERE DE L'ALIMENTATION DES ENFANTS DE L'EPP (PAS NUTRIMAD 2004)

Date de l'enquête :

EPP :

Code EPP : _ _

Classe :

NOM :

PRENOM :

Code enfant :

Fréquentation de la cantine : matin / après-midi

1. hier, quel repas as-tu pris ?

Repas	👍 (Oui)	👎 (Non)
Petit-déjeuner		
Goûter		
Déjeuner		
Goûter		
Dîner		

2. Boisson prise hier :

 café	 jus de fruit	
autre boisson :	OUI	NON
Quoi ?		

3. Petit-déjeuner d'hier :

			
vary soso	vary amin'anana	vary maina	pomme de terre
			
manioc	pain	viande	poulet
			
poisson	oeuf	brèdes	carotte
			
légumes	légumineuses	banane	lait
	As-tu mangé autre chose ? : <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON		
beurre	Quoi ?		

4. Goûter matin d'hier :

			
tamarin	pain	mofo gasy	manioc
As-tu pris d'autre goûter ? :		<input type="checkbox"/> OUI	<input type="checkbox"/> NON
Quoi ?			

5. Déjeuner d'hier :

			
vary sosoa	vary amin'anana	vary maina	pomme de terre
			
manioc	pain	viande	poulet
			
poisson	oeuf	brèdes	carotte
			
légumes	légumineuses	banane	lait
	As-tu mangé autre chose ? : <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON		
beurre	Quoi ?		

6. Goûter de l'après-midi d'hier :

			
voamadilo	mofo dipaina	mofo gasy	mangahazo
As-tu pris d'autre goûter ? : <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON			
Quoi ?			

7. Dîner d'hier :

			
vary sosoa	vary amin'anana	vary maina	pomme de terre
			
manioc	pain	viande	poulet
			
poisson	oeuf	brèdes	carotte
			
légumes	légumineuses	banane	lait
	As-tu mangé autre chose ? : <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON Quoi ?		
beurre			

Annexe 13:

Questionnaire distribué aux enfants afin de recueillir leur structure de l'alimentation
(année scolaire 2005-2006)

**STRUCTURE JOURNALIERE DE L'ALIMENTATION DES
ENFANTS DE L'EPP (PAS NUTRIMAD 2005-2006)**

Date de l'enquête :

EPP :

Classe :

NOM :

PRENOM :

Code enfant :

Fréquentation de la cantine (Entourez la réponse): matin ou après-midi

1. Hier, quel repas as-tu pris ? (Entourez les réponses)

- Petit-déjeuner
- Goûter du matin
- Déjeuner
- Goûter de l'après-midi
- Dîner

2. Quel est ton petit-déjeuner d'hier? (Cochez la ou les réponses)

				
Thé	Eau	Ranon'apango	Café	Jus de fruit

 vary soso	 vary amin'anana	 vary maina	 Céréales
 Racines et tubercules	 Beignets	 Viandes	 Volailles
 Poissons	 oeuf	 brèdes	 Légumes
 Légumineuses	 Crustacés et mollusques	 Fruits	 Lait et produits laitiers

4. quel est ton goûter d'hier matin?(Cochez la ou les réponses)

				
Thé	Eau	Ranon'apango	Café	Jus de fruit

 TAMARIN tamarin	 pain	 biscuits	 beignets	 manioc	 bonbons	 arachide
--	---	---	---	--	--	---

5. Quel est ton déjeuner d'hier? (Cochez la ou les réponses)

				
Thé	Eau	Ranon'apango	Café	Jus de fruit

 vary sosoa	 vary amin'anana	 vary maina	 Céréales
 Racines et tubercules	 Beignets	 Viandes	 Volailles
 Poissons	 oeuf	 brèdes	 Légumes
 Légumineuses	 Crustacés et mollusques	 Fruits	 Lait et produits laitiers

6. Quel est ton goûter d'hier après-midi?(Cochez la ou les réponses)

				
Thé	Eau	Ranon'apango	Café	Jus de fruit

 TAMARIN						
tamarin	pain	biscuits	beignets	manioc	bonbons	arachide

7. Quel est ton dîner d'hier? (Cochez la ou les réponses)

				
Thé	Eau	Ranon'apango	Café	Jus de fruit

			
vary soso	vary amin'anana	vary maina	Céréales
			
Racines et tubercules	Beignets	Viandes	Volailles
			
Poissons	oeuf	brèdes	Légumes
			
Légumineuses	Crustacés et mollusques	Fruits	Lait et produits laitiers

Annexe 14:

FICHE D'ENQUETE DU RAPPEL DES 24 HEURES (PAS Nutrimad 2004-2005)

Date enquête : ____ ____ ____

Enquêteur : N° feuille : __/__

Nom :

Prénom :

N° enfant : ____ ____ ____ EPP/Code :

.....

Classe :

Date de naissance : ____ ____ ____

Quand ? (repas)	Quoi ? (plats consommés)	Quantités ingérées (mesures ménagères)	Quantités ingérées (en g)	Ingrédients	Type de transformation	Observation

Name: RAMAHERISOA Menjaharimisa

Title : Survey of adequacy and impact of a fortified snack destined to School Feeding Program in Public Primary School of Antananarivo

ABSTRACT

An assessment of nutritional status of schoolchildren from 23 Public Primary Schools (PPS) in the underprivileged district of Antananarivo revealed their poor nutritional status. Delayed growth, low weight and high percentage of children with BMI lower than the 5th percentile of the reference population were observed. The influence of child's characteristics, his family and school environment was underlined. In addition, our study confirms that delayed growth has bad effect in school delay.

In order to meet the wishes of parents, school principals and Malagasy authorities, a snack named *Koba Tsinjo* was formulated by Nutrimad School Feeding Program (SFP). The snack was proposed to low price and served during the first break in the form of fortified and high-energy density gruel. The process to prepare the gruel in school was relatively understood by the canteen cooks. It was verified that the consistence (100 to 120 mm/30 s) and served quantity (350 ml) were appropriated. The analysis of the flour showed a good balance between the levels of different nutrients. The *in vitro* digestibility of iron and zinc added on the flour can improve after EDTA incorporation, a chemical constituent, allowed to protect the minerals against antinutritional factors.

The consumption of snack didn't change the children's frequency and meals composition. It permitted to increase the rate of cover of energy needs 68% to 86% and covered totality of their Recommended Allowance Dietary (RDA) in vitamins and minerals.

During the gruel distribution period, average 110 days, the schoolchildren consumed on average 83 portions, it revealed a good participation in SFP. Therefore, the consumption level was influenced by the child's characteristics (age, school level, etc.), or linked by his family's characteristics (education level of parents, economic level, etc.) or by his setting life.

The assessment of strategy showed a light but significantly attendance improvement for beneficiary schools and variables effects according to assessment, but often positive for schoolchildren with high level of snack consumption, in their school performance and their nutritional status. So, in look the very important improvement of the cover of nutritional needs permitted by regular consumption of snack, the effects on the nutritional status and school performance can appear limited, the implementation of School feeding program during long time could have probably marked effects.

KEY WORDS

Malnutrition, schoolchildren, School Feeding Program, snack fortified, *in vitro* digestion, school performance, evaluation.

Advisors : Pr RALISON Charlotte, Dr TRECHE Serge

Nom : RAMAHERISOA

Prénom : Menjaharimisa

Titre : Etude de l'adéquation et de l'impact d'une collation fortifiée utilisée dans le cadre d'un Programme d'Alimentation Scolaire dans les écoles primaires publiques d'Antananarivo

RESUME

Un diagnostic de l'état nutritionnel des élèves de 23 écoles primaires publiques d'Antananarivo a permis de mettre en évidence la précarité de leur état nutritionnel caractérisée par une forte prévalence de retard de croissance, d'insuffisance pondérale et un fort pourcentage d'enfants ayant un IMC inférieur au 5^{ème} percentile de la population de référence. L'influence des caractéristiques liées à l'enfant, à sa famille et à son cadre de vie (école, quartier) a été soulignée. Par ailleurs, l'effet néfaste du retard de taille sur le retard scolaire des enfants a été mis en évidence.

Afin de répondre aux attentes des parents, des responsables des écoles et des autorités malgaches, une collation fortifiée dénommée *koba Tsinjo* a été formulée et produite dans le cadre du PAS-Nutrimad. Elle est destinée à être proposée à un prix subventionné aux enfants, au cours de la récréation, sous forme d'une bouillie de haute densité énergétique et fortifiée en micronutriments. Sa préparation est relativement bien maîtrisée par les cantinières. Il été vérifié que la consistance visée (100 à 120 mm/30 s) et la quantité servie (350 ml) aux élèves étaient appropriées. L'analyse de la qualité nutritionnelle de la farine fortifiée révèle un bon équilibre au niveau de la composition en nutriments. La digestibilité du fer et du zinc ajoutés dans la farine peut être améliorée en incorporant de l'EDTA, constituant chimique permettant de protéger les minéraux contre les facteurs antinutritionnels.

La consommation de cette collation ne modifie pas la fréquence et la composition des repas des élèves. Elle permet d'augmenter en moyenne le taux de couverture des besoins énergétiques des élèves de 68% à 86% et de couvrir la totalité de leurs apports journaliers recommandés en minéraux et vitamines.

Durant la période de distribution de la collation fortifiée au niveau des écoles, d'une durée moyenne de 110 jours, les élèves ont consommé, en moyenne, 83 rations ce qui témoigne de leur bon niveau d'adhésion à la stratégie. Leur niveau de consommation s'est, néanmoins, révélé influencé par des facteurs qui leur étaient spécifiques (âge, niveau scolaire, etc.) ou liés à des caractéristiques de leur famille (niveau d'éducation des parents, niveau économique, etc.) ou de leur cadre de vie.

L'évaluation de la stratégie a mis en évidence une amélioration légère mais significative du taux de fréquentation scolaire dans les écoles bénéficiaires et des effets variables selon les dispositifs d'évaluation mis en œuvre, mais le plus souvent positifs pour les élèves ayant eu des niveaux élevés de consommation de la collation, sur les performances scolaires et sur l'état nutritionnel des élèves. Si, en regard de l'amélioration très importante de la couverture des besoins nutritionnels permise par la consommation régulière de la collation, les effets observés sur l'état nutritionnel et les performances scolaires des élèves peuvent apparaître comme limités, il est probable qu'une durée plus longue de mise en œuvre d'un tel programme d'alimentation scolaire pourrait avoir des effets plus marqués.

MOTS CLES

Malnutrition, enfants d'âge scolaire, programme d'alimentation scolaire, collation fortifiée, digestion *in vitro*, performances scolaires, suivi-évaluation.

Encadreurs : Pr RALISON Charlotte, Dr TRECHE Serge