

Université de Montréal

**ENRICHISSEMENT DES REPAS SCOLAIRES EN HUILE DE PALME ROUGE AU
BURKINA FASO : ÉVALUATION DES RESULTATS ET DE L'IMPACT**

Par
Nawidimbasba Augustin ZEBA
Département de Nutrition
Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de
Maître ès Sciences (M.Sc.)
en nutrition
Août 2005

© Nawidimbasba Augustin ZEBA, Août 2005.



du

145

U58

2006

V.003

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

***ENRICHISSEMENT DES REPAS SCOLAIRES EN HUILE DE PALME ROUGE AU
BURKINA FASO : ÉVALUATION DES RESULTATS ET DE L'IMPACT***

Présenté par

Nawidimbasba Augustin ZEBA

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Dr Victor Gavino :	Président- rapporteur, professeur titulaire
Dr Hélène Delisle :	Directrice de recherche, professeur titulaire
Dr Yves Martin-Prével :	Codirecteur, chargé de Recherche
Dr Barthélemy Kuate Defo :	Membre, Professeur agrégé

Sommaire

Le projet *Huile de Palme Rouge (HPR) pour la Vitamine A (VA) au Burkina Faso phase II* fait suite à une phase pilote. Il comportait entre autres l'introduction de l'HPR dans des cantines scolaires, l'hypothèse principale étant que celle-ci serait aussi efficace qu'une capsule fortement dosée de VA. Des écoliers de 15, 24 et 8 écoles respectivement de Kaya, Bogandé et de Fada ont participé à l'évaluation des résultats et de l'impact de ce projet. À Fada, seuls les apports supplémentaires de VA par l'HPR ont été estimés. À Kaya, les écoliers ont reçu trois fois par semaine pendant neuf semaines un supplément de 15 ml d'HPR à leur repas. A Bogandé, huit écoles (G₁) servaient de témoins négatifs avec les repas de cantine inchangés, huit autres (G₂) donnaient une capsule de VA (200 000UI) en fin d'année scolaire (témoins positifs), et huit enfin (G₃) recevaient de l'HPR avec les repas pendant un moyenne de 17 semaines. Avant et après 12 mois d'intervention, la mesure du rétinol sérique par HPLC montre que l'avitaminose A est un grave problème parmi les écoliers. À Kaya, le taux d'avitaminose A est passé de 47,2% à 13,1%. À Bogandé, le taux était inchangé dans G₁, mais une baisse comparable de 46,1% à 17,1% dans G₂ et de 40,4% à 14,9% dans G₃ était observée suite à l'intervention. L'HPR a donc une efficacité proche de celle de capsules de VA et mériterait d'être intégrée dans les stratégies de lutte contre la carence en VA au Burkina Faso et éventuellement dans d'autres pays du Sahel.

Mots Clés : Huile de palme rouge, Vitamine A, Diversification alimentaire, Écoliers, Burkina Faso

Summary

The project *Red palm oil (RPO) for vitamin A (VA) in Burkina Faso phase II* followed a pilot phase. It included the introduction of RPO in school lunches in selected areas. The hypothesis was that RPO would be as effective as a single VA capsule. School children from 15, 24 and 8 schools from Kaya, Bogandé and Fada took part in the evaluation of the results and impact evaluation. In Kaya schools, 15 ml RPO was added to individual meals three times a week during nine weeks. In Bogandé, eight schools received only the regular school lunch, serving as negative controls (G₁); eight others received a single VA capsule (200 000 UI) at the end of school year (G₂); and the last eight schools received RPO for an average of 17 weeks. At baseline and 12 months later, serum retinol was measured by HPLC. The results showed that VA deficiency is a severe problem among school children. In Kaya, the rate of low serum retinol went from 47.2% to 13.1%. In Bogandé, there was no change in the control group (G₁). This is in contrast with the significant decrease in both the capsule (G₂) and the RPO (G₃) groups: from 46.1% to 17.1% in G₂ and from 40.4% to 14.9% in G₃. The study therefore showed that RPO is as effective as a single capsule of VA. RPO should become part of the strategies for the control of VA deficiency in Burkina Faso, and possibly also in other Sahelian countries.

Key Words: Red palm oil. Vitamin A. Dietary diversification. School children. Burkina Faso

TABLES DES MATIERES

SOMMAIRE	III
SUMMARY	IV
ABREVIATIONS	IX
LISTE DES TABLEAUX	XII
LISTE DES FIGURES	XIV
REMERCIEMENTS	XV
DEDICACE	XVI
INTRODUCTION : PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE	3
CHAPITRE 1 : REVUE DE LA LITTERATURE	6
1.1. DEFINITION ET GENERALITES SUR LA VITAMINE A	6
1.1.1. Nature, sources et besoins en vitamine A	6
1.1.2. Métabolisme de la vitamine A	8
1.1.2.1. Biodisponibilité et bioefficacité des caroténoïdes provitaminiques A	8
1.1.2.1.1. Facteurs affectant la biodisponibilité et la bioconversion des caroténoïdes	10
1.1.2.1.2. Conversion des caroténoïdes en rétinol et en acide rétinoïque	12
1.1.2.2. Absorption de la vitamine A	14
1.1.2.3. Stockage de la vitamine A	15
1.1.2.4. Transport plasmatique de la vitamine A	15
1.1.3. Rôle de la Vitamine A dans la vision, la différenciation cellulaire et l'immunité	16
1.1.4. Interactions de la vitamine A et d'autres nutriments	17
1.2. METHODES D'ÉVALUATION DU STATUT EN VITAMINE A	19
1.2.1. Évaluation clinique	19
1.2.2. Méthodes biochimiques	20
1.2.2.1. Réserves en vitamine A de l'organisme	20
1.2.2.2. Rétinol circulant	21
1.2.2.3. Autres indicateurs du statut en vitamine A	22
1.2.2.4. Critères de choix d'une méthode d'évaluation du statut en vitamine A	23
1.2.3. Les apports de vitamine A	24
1.2.3.1. Évaluation des apports de vitamine A	24
1.2.3.2. Relation entre apports et statut en vitamine A	26
1.2.3.3. Facteurs influençant les apports en vitamine A	27
1.3 ÉPIDEMIOLOGIE DE L'AVITAMINOSE A	27
1.3.1. Ampleur	27
1.3.2. Déterminants de la carence	28
1.3.2.1 Facteurs alimentaires	29
1.3.2.2. L'âge et le genre	30
1.3.2.3. Les infections et les infestations parasitaires	30
1.3.2.4. Le statut socio-économique	31
1.4. STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA CARENCE EN VITAMINE A A L'ECHELLE DES POPULATIONS	32

1.4.1. Supplémentation médicamenteuse	32
1.4.1.1. Supplémentation en vitamine A et mortalité.....	32
1.4.1.2. Supplémentation en vitamine A et morbidité.....	33
1.4.2. Enrichissement alimentaire	35
1.4.2.2. Succès de l'enrichissement alimentaire.....	36
1.4.3. Diversification alimentaire	38
1.4.3.1 Variantes de la diversification alimentaire.....	38
1.4.3.1.1. Les jardins potagers.....	38
1.4.3.1.2. Promotion d'aliments locaux riches en vitamine A.....	40
1.4.3.2. Obstacles au déploiement des interventions de diversification alimentaire.....	42
1.5. L'HUILE DE PALME ROUGE COMME SOURCE DE VITAMINE A.....	44
1.5.1. Composition de l'huile de palme rouge	44
1.5.2. Efficacité de l'HPR comme source de vitamine A	45
1.6. LES INTERVENTIONS NUTRITIONNELLES EN MILIEU SCOLAIRE EN PARTICULIER POUR LA VITAMINE A.....	49
1.6.1. Pertinence et efficacité chez les écoliers	49
1.6.2. L'école point d'entrée des programmes de santé et de nutrition au sein des communautés	50
CHAPITRE 2 : CONTEXTE DE L'ETUDE D'IMPACT DE L'INTERVENTION SCOLAIRE AXEE SUR L'HPR	51
2.1. SITUATION ALIMENTAIRE, NUTRITIONNELLE ET SOCIO SANITAIRE DU BURKINA FASO.....	51
2.1.1. Situation alimentaire et nutritionnelle	51
2.1.2. Situation sanitaire	52
2.1.3. La carence en vitamine A	52
2.3. PROJET HUILE DE PALME ROUGE POUR LA VITAMINE A AU BURKINA FASO.....	54
2.3.1. Phase pilote du projet	54
2.3.1.1. Objectif de la Phase pilote.....	55
2.3.1.2. Les activités de la phase pilote.....	55
2.3.1.2.1. Promotion de l'huile de Palme rouge.....	55
2.3.1.2.2. Approvisionnement et commercialisation de l'HPR.....	57
2.3.1.2.3. Les activités de recherche et d'évaluation.....	57
2.3.2. Phase II du projet Huile de Palme Rouge	58
2.3.2.1. Raison d'être d'une Phase II.....	58
2.3.2.2. Objectifs de la Phase II.....	58
2.3.2.3. Activités de la phase II.....	59
CHAPITRE 3 : HYPOTHESES, OBJECTIFS ET CADRE CONCEPTUEL DE L'ETUDE	62
3.1. HYPOTHESES.....	62
3.2. OBJECTIFS.....	62
3.2.1. Objectif général	62
3.2.2. Objectifs spécifiques	62
3.3. FINALITE.....	63
3.4. MODELE THEORIQUE.....	63

CHAPITRE 4 : METHODOLOGIE DE L'EVALUATION DE L'INTERVENTION SCOLAIRE.....	65
4.1. PROTOCOLES D'EVALUATION DE L'INTERVENTION SCOLAIRE.....	65
4.1.1 Protocole d'évaluation à Kaya	65
4.1.2. Protocole d'évaluation à Bogandé	66
4.1.3. Protocole d'évaluation à Fada	68
4.2. POPULATION D'ETUDE.....	70
4.3. ÉCHANTILLONNAGE.....	70
4.3.1 Sélection des écoles	70
4.3.1.1 Sélection des écoles à Kaya.....	70
4.3.1.2. Sélection des écoles à Bogandé.....	70
4.3.2. Sélection des écoliers	71
4.3.2.1 Taille de l'échantillon.....	71
4.3.2.2 Critères d'inclusion et d'exclusion.....	72
4.3.3. Sélection des ménages pour l'enquête de Bogandé	72
4.4. VARIABLES A L'ETUDE ET METHODES DE MESURE.....	73
4.4.1. Variables dépendantes	73
4.4.2. Variables indépendantes	74
4.4.3. Méthodes et outils de mesure	75
4.4.3.1. Rétinol sérique.....	75
4.4.3.2. Identité, âge, et sexe des écoliers.....	76
4.4.3.3. Morbidité récente des écoliers et antécédent de prise d'une capsule de vitamine A.....	76
4.4.3.4. Anthropométrie des écoliers.....	76
4.4.3.5. Interview des mères d'écoliers à Bogandé.....	77
4.5. DEROULEMENT DE L'ETUDE.....	77
4.5.1. Kaya	77
4.5.2. Bogandé	79
4.5.2.1. Collecte de données chez les écoliers.....	79
4.5.2.2. Collecte des données auprès des mères.....	79
4.5.3. Collecte des échantillons de sang	80
4.6. ANALYSE DES DONNEES.....	80
4.7. CONSIDERATIONS ETHIQUES.....	81
CHAPITRE 5: ARTICLE SOUMIS.....	82
TITRE DE L'ARTICLE ET REVUE DE SOUMISSION.....	82
LES AUTEURS.....	82
NOTRE CONTRIBUTION.....	82
CHAPITRE 6 : RESULTATS ET DISCUSSION COMPLEMENTAIRES	108
6.1. RESULTATS COMPLEMENTAIRES.....	108
6.1.1. Écoles de Kaya	108
6.1.1.1 Consommation de repas enrichis avec l'HPR.....	108
6.1.1.2. Promotion de l'HPR dans le cadre de l'intervention scolaire.....	109
6.1.1.3. Impact sur le statut en rétinol sérique des écoliers à Kaya.....	110
6.1.1.3.1. Comparaison des caractéristiques des écoliers présents/absents au deuxième passage.....	111
6.1.1.3.2. Caractéristiques générales des écoliers aux deux passages.....	112

6.1.1.3.3. Lien entre la consommation d'HPR et l'évolution de la rétinolémie des écoliers	113
6.1.1.3.4. Relation entre le statut en rétinol sérique du passage 1 et 2.....	114
6.1.2. Écoles de Bogandé.....	116
6.1.2.1. Consommation d'HPR	116
6.1.2.2. Promotion de l'HPR dans le cadre de l'intervention scolaire à Bogandé	117
6.1.2.3. Impact sur le statut en vitamine A des écoliers à Bogandé.....	118
6.1.2.3.1. Comparaison des caractéristiques des écoliers de chaque groupe présents et ceux absents en fin d'intervention.....	118
6.1.2.3.2. Caractéristiques anthropométriques des écoliers	120
6.1.2.3.3. Lien entre la consommation d'HPR et l'évolution de la rétinolémie des écoliers	121
6.1.2.3.4. Relation entre le statut en rétinol sérique aux passages 1 et 2	122
6.1.3. Résultats de l'enquête auprès de mères d'écoliers à Bogandé	124
6.1.3.1. Caractéristiques socio-économiques des femmes interviewées	124
6.1.3.2. Connaissances des mères d'écoliers sur la cécité nocturne.....	127
6.1.3.3. Connaissances attitudes et pratiques des mères d'écoliers en lien avec l'HPR et le projet.....	129
6.1.4. Résultats de l'intervention à Fada N'Gourma	132
6.1.4.1. Consommation d'HPR	132
6.1.4.2. Promotion de l'HPR	134
6.2. DISCUSSION COMPLEMENTAIRE	135
6.2.1. Retombées de l'intervention scolaire	135
6.2.2. Carence en vitamine A et état nutritionnel des écoliers.....	138
6.2.3. Évolution paradoxale de la rétinolémie des écoliers selon le statut initial	140
6.2.4. Limites de l'étude.....	143
CHAPITRE 7 : CONCLUSION ET PISTES DE RECHERCHE	145
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	149
ANNEXES	CLXIX
ANNEXE1 : ABREGE DE COMMUNICATION POUR LE CONGRES INTERNATIONAL DE NUTRITION A DURBAN, SEPTEMBRE 2005	CLXIX
ANNEXE2: CARTE ADMINISTRATIVE DU BURKINA FASO	CLXX
ANNEXE 3 : RECETTES DES GOUTERS ET BOUILLIES ENRICHIS A L'HPR, ET MENU DES CANTINES SCOLAIRES	CLXXI
Annexe 3.1 : Recettes des goûters enrichis.....	clxxi
Annexe 3.2 : Recette des bouillies des démonstrations culinaires.....	clxxv
Annexe 3.3 : Menu des cantines scolaires.....	clxxvi
ANNEXE 4 : QUESTIONNAIRE POUR L'ETUDE D'IMPACT SUR LE STATUT EN VA DES ECOLIERS DE KAYA ET BOGANDE.....	CLXXVII
ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE AUPRES DE MENAGES A BOGANDE.....	CLXXIX
ANNEXE 6 : FORMULAIRE DE CONSENTEMENT DES ECOLIERS ET LEURS PARENTS.	CLXXXIV

Abréviations

ABÉSF :	Association Burkinabé d'Économie Sociale et Familiale
AS	Apport suffisant
BME :	Besoin Moyen Estimé
CAP :	Connaissances Attitudes et Pratiques
CLHP	Chromatographie Liquide à Haute Performance
CRS :	Catholic Relief Services
CRBP	Cellular Retinol Binding Protein
CRABP	Cellular Retinol Acid Binding Protein
DA :	Diversification alimentaire
DPEBA	Directeur Provincial de l'Enseignement de Base et de l'Alphabétisation
EAR :	Équivalent Activité Rétinol
ER	Équivalent Rétinol
ET :	Écart Type
FAO :	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
HDL :	High density lipoprotein
HKI :	Helen Keller International
HPLC	High performance liquid Chromatography

HPR :	Huile de Palme Rouge
IC :	Intervalle de Confiance
IRCM	Institut de Recherche Clinique de Montréal
IRD :	Institut de Recherche pour le Développement
IRSS :	Institut de Recherche en Sciences de la Santé
JNM :	Journée Nationale de Micronutriments
JNV :	Journée Nationale de Vaccination
LDL:	Low density lipoprotein
MPE :	Malnutrition Protéino-Énergétique
MRDR:	Modified relative dose response
MSG	Glutamate monosodique
OMS :	Organisation Mondiale de la santé
ONG :	Organisation non gouvernementale
PED :	Pays En Développement
PNAN	Plan National d'Action pour la Nutrition
PNUD :	Programme des Nation Unies pour le développement
RAR	Retinoic Acid Receptor
RBP	Retinol Binding Protein

RR :	Risque Relatif
RRD	Réponse relative à la Dose
RRDM	Réponse relative à la Dose Modifiée
TTR	Transthyrétine
UNICEF :	Fonds des Nations Unies pour l'Enfance
VA :	Vitamine A

Liste des tableaux

Tableau I: Classement des indicateurs biologiques du statut en vitamine A utilisés pour des études de population	24
Tableau II : Intensité de l'intervention dans les 5 provinces de la phase II	60
Tableau III : Répartition des repas enrichis en HPR par école au cours de l'intervention	109
Tableau IV : Caractéristiques des écoliers absents présents au passage 2 à Kaya	111
Tableau V : Répartition des écoliers de Kaya selon l'âge, le sexe et leurs caractéristiques anthropométriques	113
Tableau VI : Statut en rétinol sérique des écoliers de Kaya selon le nombre de repas HPR consommés	114
Tableau VII : Statut en vitamine A des écoliers de Kaya au premier et deuxième passage	114
Tableau VIII : Rétinolémie initiale des écoliers de Kaya dont la rétinolémie s'est améliorée ou détériorée en fin d'intervention	115
Tableau IX : Répartition des repas enrichis en HPR par école au cours de l'intervention à Bogandé	117
Tableau X : Comparaison des caractéristiques générales des écoliers absents et présents au passage 2 à Bogandé	119
Tableau XI : Données anthropométriques des écoliers de Bogandé au cours des deux passages	120
Tableau XII : Statut en rétinol sérique des écoliers de Bogandé selon le nombre de	121

repas HPR consommés

Tableau XIII : Relation entre le statut en rétinol sérique des écoliers de Bogandé aux deux passages	122
Tableau XIV : Comparaison des écoliers de Bogandé qui ont amélioré ou détérioré leur rétinolémie en fin d'intervention	123
Tableau XV : Caractéristiques démographiques des mères d'écoliers de Bogandé selon le site d'enquête	125
Tableau XVI : Caractéristiques socio-économique du couple mère/père selon le site de l'enquête à Bogandé	126
Tableau XVII : Type d'habitat des mères interviewées selon le site à Bogandé	127
Tableau XVIII : Connaissances et antécédents de cécité nocturne des mères d'écoliers de Bogandé	128
Tableau XIX : Connaissances, attitudes et pratiques des mères d'écoliers reliées à l'HPR selon le site à Bogandé	130
Tableau XX : Niveau d'exposition des mères d'écoliers de Bogandé aux activités du projet selon le site	131
Tableau XXI : Répartition des repas enrichis en HPR par école au cours de l'intervention à Fada	133

Liste des figures

Figure 1 : Structure chimique de la VA (rétinol) et de certains métabolites et composés apparentés	7
Figure 2 : Cadre conceptuel de l'évaluation de l'intervention scolaire	64
Figure 3 : Protocole de l'évaluation de l'impact à Bogandé et Kaya	69

Remerciements

J'exprime en premier mes remerciements à ma directrice de Mémoire, Mme Hélène DELISLE, Professeur Titulaire au Département de Nutrition de l'Université de Montréal. C'est avec honneur et plaisir que j'ai bénéficié de la grande expérience en recherche de la scientifique que vous êtes. C'est surtout avec reconnaissance que j'apprécie votre soutien, toute l'énergie déployée, mais aussi l'amitié avec laquelle j'ai été reçu et traité depuis que je vous ai été présenté. Je n'ai que le « Merci » pour traduire ma profonde reconnaissance, mais celui là vient du fond du cœur.

Je remercie mon Codirecteur Dr Yves Martin-Prével, épidémiologiste à l'UR 106 Nutrition Alimentation et Société de l'institut de Recherche pour le Développement de Ouagadougou. Merci pour vos diligents conseils. Je ne puis oublier.

Je remercie « Initiative Micronutriments Canada », institution qui a financé les activités de recherche entrant dans le cadre de ce mémoire.

Grand merci à l'Institut de Recherche en Science de la Santé (IRSS) du Burkina Faso, mon institut d'attache, qui m'a rendu disponible pour la réalisation de ce travail.

Grand merci au Dr Noël Zagre, tu es pour moi un exemple à suivre, merci pour tout.

Aux collègues de TRANSNUT : Marie Claude Désilets, Amel Zertal, Xotchil Ponce, Gervais Ntandou, Mamadou Ndiaye, Stanislas Ramirez, Roger Sodjinou. Grand Merci!

Je remercie l'équipe de la coordination du projet HPR II, en particulier Mme Virginie Ouédraogo, pour le soutien dans le déroulement de tous mes travaux de terrain.

À tous ceux qui m'ont apporté un quelconque soutien, en particulier aux collègues et amis médecins des différents districts sanitaires où j'ai travaillé, aux enseignants, inspecteurs et DPEBA, j'exprime ma reconnaissance.

Dédicace

Qu'avons-nous que nous n'ayons reçu de Dieu?

À ma très chère épouse Julie Irène Sanou/Zeba; j'apprécie avec davantage de bonheur ta présence à mes côtés. Merci pour ton soutien! Merci pour ton courage!
Éternel attachement!

À mon père Claude H. Zeba et à ma mère Marthe

À mes frères et sœurs et leurs conjoints, à leurs fils et filles, mes bien aimés neveux et nièces

À mes beaux parents, Monsieur Alphonse Sanou et son épouse Mélanie, à leurs enfants

À mon Oncle Joseph Minoungou, et son épouse Béatrice, à leurs enfants

Introduction : problématique de l'étude

La carence en vitamine A (VA) reste aujourd'hui encore un problème de santé publique à travers le monde et un lourd fardeau pour les sociétés (1). La VA est un nutriment essentiel au maintien des fonctions physiologiques normales. L'absence durable d'un apport suffisant en VA ou de ses précurseurs fait apparaître des troubles de plus en plus graves pouvant conduire à la mort (2). La xérophtalmie a été pendant longtemps considérée comme la manifestation révélatrice de l'avitaminose A. Selon le quatrième rapport sur la situation nutritionnelle dans le monde, ce sont de 2.8 à 3.3 millions d'enfants d'âge préscolaire qui en souffrent (3). A un stade infraclinique, on estime aujourd'hui que l'avitaminose A affecte de 75 à 251 millions d'enfants de par le monde. Selon West (4), la prévalence de cette carence s'évalue dans le monde à 25% des enfants de moins de cinq ans (rétinolémie $<0.7\mu\text{mol/l}$) et 18% des femmes enceintes (rétinol du lait maternel $<1.05\mu\text{mol/l}$).

Si le monde entier est touché par l'ampleur du phénomène, l'Afrique et l'Asie du sud et du sud-est sont les zones géographiques où la prévalence de l'avitaminose A chez les enfants de moins de cinq ans est la plus élevée : 44% en Asie et 26% en Afrique (4). En Afrique, les pays de la ceinture sahélienne (Niger, Burkina Faso, Mali et Mauritanie) sont les plus touchés par cette avitaminose (5). Des données récentes collectées au cours de la phase pilote du projet Huile de Palme Rouge au Burkina Faso font état d'un taux de prévalence de faible rétinolémie de 84.5% et 61.8% respectivement chez les enfants de moins de 5 ans et chez les mères dans un Département de la province du Sanmatenga au centre est du pays (6). La cécité nocturne, premier signe de la carence, a été retrouvée chez 16% des femmes enceintes dans la province du Gourma et atteignait même 52% dans un des villages étudiés (7). Une prévalence de 48.7% de faibles taux de rétinol sérique a été retrouvée parmi 75 écoliers de la région de Yako âgés en moyenne de 8 ans (Communication personnelle du Dr Zagré). Les écoliers en effet sont également un des groupes vulnérables de l'avitaminose A. Même si les données actuelles au Burkina Faso ne permettent pas de situer avec exactitude l'ampleur du problème, il n'est pas certain que leur statut en VA soit tellement meilleur que celui des enfants de moins de 5 ans. Des travaux au Niger (8) ont montré que 46% des écoliers de 6 à 12 ans avaient une

rétinolémie $<0,7\mu\text{mol/l}$, alors que cette carence était de 70% chez les préscolaires de la même région trois années plus tôt.

L'avitaminose A retient davantage l'attention de la communauté scientifique ces dernières années en raison de la description de sa relation étroite avec la morbidité et la mortalité infantile. Des travaux récents ont montré qu'une supplémentation en VA des enfants réduit de façon très significative (35 à 50%) la mortalité due à la rougeole, aux infections respiratoires et aux maladies diarrhéiques (9-13). En Papouasie-Nouvelle-Guinée, Shankar et al (14) ont montré que la supplémentation en VA chez des enfants de 6 à 60 mois réduisait de 30% les cas de paludisme à *P. falciparum*. La parasitémie des enfants qui avaient reçu de la VA était significativement plus basse comparée à celle des enfants du groupe placebo (14). Dans une méta-analyse de données de 8 essais de supplémentation à base communautaire ou d'enrichissement, Beaton et al (15) ont montré, parmi les enfants d'âge préscolaire souffrant de l'avitaminose A, une surmortalité de 23%. La mortalité maternelle au Népal a été réduite de 40% après amélioration du statut en VA des femmes enceintes, dans un essai randomisé (16).

A l'échelle d'une population, plusieurs stratégies peuvent être utilisées pour le contrôle de la carence en VA. Il s'agit essentiellement de :

- la supplémentation médicamenteuse, stratégie consistant en l'administration périodique d'une dose élevée de VA aux enfants de moins de 5 ans et aux nouvelles accouchées comme moyen de prévention;
- L'enrichissement alimentaire qui est couramment utilisé dans les pays industrialisés;
- La diversification alimentaire (DA), qui regroupe un ensemble d'activités allant de la production alimentaire à la promotion d'une alimentation équilibrée (17, 18)

Si ces trois stratégies ont leur place et sont fréquemment associées, seules les stratégies alimentaires (enrichissement, diversification) permettent d'améliorer de façon durable les apports en VA des populations.

La DA est une stratégie qui se distingue parmi les approches alimentaires. En effet elle implique les communautés, en les motivant à se prendre en charge et à avoir plus de contrôle sur leur état nutritionnel, ceci leur permettant de lutter simultanément contre des carences multiples en nutriments (19).

Le contrôle effectif de la carence, incluant la prévention et le traitement de l'avitaminose, devrait combiner ces trois stratégies, tel que recommandé en 1995 (20).

Cependant force est de reconnaître la nette prédominance de la supplémentation médicamenteuse, souvent au détriment de la DA. Dénoncée en 1994 (19), des données récentes du Burkina Faso permettent de vérifier cette prédominance de la supplémentation. En outre, des données issues d'une étude qualitative expliquent cette prédominance par l'efficacité de la supplémentation reconnue sur le plan international, mais aussi et surtout par le fait qu'elle permet d'avoir des résultats rapides et mesurables (21). D'autres obstacles sont une maîtrise insuffisante des stratégies de DA et des données encore trop limitées sur l'impact de cette approche (17).

Bien qu'encore limitée dans son développement, la DA a une efficacité réelle (17), et il est nécessaire aujourd'hui de travailler à la promouvoir. L'huile de palme rouge (HPR) comme élément de DA dans la lutte contre la carence en VA au Burkina Faso a montré son efficacité. En effet les résultats de l'évaluation du projet pilote ont révélé que l'HPR est bien acceptée par les mères et par les enfants. En outre, l'introduction de cette huile dans un certain nombre de sites du Centre Nord du Burkina Faso a permis de réduire de plus de la moitié (62% à 28%) la proportion de mères avec faible taux de rétinol sérique. Une réduction quoique plus modeste a également été observée chez les enfants (85% à 67%) (6).

Si l'introduction de l'HPR a prouvé son efficacité chez les enfants de moins de 5 ans et chez les mères, une action dans le milieu scolaire se justifie à plus d'un titre. En effet le milieu scolaire n'est pas épargné par l'avitaminose A, un bon état nutritionnel et de santé des écoliers est d'une grande importance et, enfin, les interventions de santé et de nutrition en milieu scolaire sont reconnues pour leur impact sur la performance scolaire (22). Cette initiative scolaire est également en phase avec les politiques de santé, de nutrition et d'éducation du Burkina Faso. Tout en concourant à améliorer le statut en VA des écoliers, l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires est vue comme une manière de faciliter l'adoption de l'HPR par les ménages et les communautés. En effet, plusieurs interventions utilisant l'éducation nutritionnelle en milieu scolaire ont servi de canaux pour changer non seulement les connaissances et les habitudes alimentaires des écoliers, mais aussi celles de leurs familles (23-26).

L'étude qui fait l'objet du présent mémoire entre dans le cadre des activités de la 2^{ème} phase du projet HPR pour la VA au Burkina Faso. Elle avait pour but d'évaluer les résultats et surtout l'impact de l'introduction de cette huile en milieu scolaire.

Chapitre 1 : Revue de la littérature

Ce chapitre consacré à la revue de la littérature comprend six sections qui aborderont dans un premier temps les données générales sur la VA et les caroténoïdes provitamine A. Dans la deuxième et la troisième section seront abordées successivement les méthodes d'évaluation du statut en VA et les données épidémiologiques sur l'avitaminose A et ses déterminants. Les stratégies de lutte contre l'avitaminose A seront le contenu de la quatrième section, suivie d'une présentation de l'HPR dans ses composantes biochimiques, mais surtout en tant que source bioefficace de VA. Cette revue se terminera par un point sur les interventions scolaires, que ce soit du point de vue de leur pertinence où de leur capacité à dépasser le milieu scolaire pour s'intégrer dans les familles et les communautés.

1.1. Définition et généralités sur la vitamine A

1.1.1. Nature, sources et besoins en vitamine A

Le terme de VA est utilisé pour les dérivés β -ionone qui possèdent une structure ou une activité biologique comparable à celles de la molécule de base qui est le *trans*-rétinol (rétinol). La VA désigne un ensemble de ces composés liposolubles proches du rétinol et développant son activité biologique (2, 27). La VA comprend aussi les caroténoïdes, ses précurseurs alimentaires (27), et les rétinoïdes actifs. De l'ensemble des rétinoïdes, la forme *trans*-rétinol est la VA naturelle la plus active (28). L'acide rétinoïque et le rétinol sont deux métabolites qui développent leur activité métabolique A respectivement dans la différenciation cellulaire en tant que messenger intercellulaire et au niveau des pigments visuels de l'œil (29). Les caroténoïdes sont des composés pigmentaires liposolubles présents dans les végétaux. Ils sont de couleur jaune, orangée ou rouge. On compte aujourd'hui plus de 600 caroténoïdes naturels isolés et caractérisés mais seuls ceux qui ont un noyau β -ionone et une chaîne latérale polyénique d'au moins 11 atomes de carbone peuvent développer une activité vitaminique A (28).

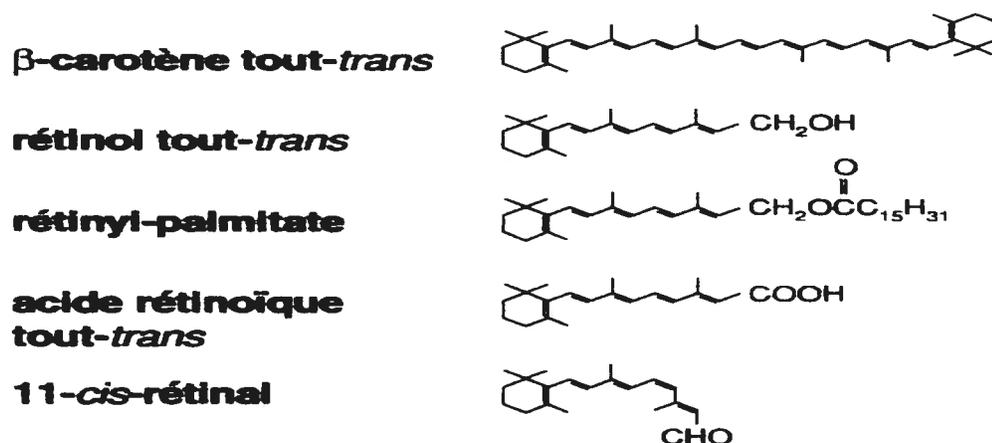


Figure 1 : Structure chimique du rétinol et de certains métabolites et composés apparentés

Le β -carotène représente le plus abondant et celui qui a l'activité vitaminique A la plus importante parmi les caroténoïdes. Suivent l' α -carotène et la β -cryptoxanthine, autres caroténoïdes à activité vitaminique A, mais moindre que le β -carotène.

La vitamine A est présente dans les aliments sous deux formes que sont les esters de rétinol et les caroténoïdes provitaminiques A. Les esters de rétinol ont pour seules sources les aliments d'origine animale (le foie, le lait, le beurre, le fromage, l'œuf, le poisson). Les provitamines se trouvent dans le règne végétal. Les légumes verts feuillus (épinards, choux verts, feuilles de manioc, amarante), les légumes jaune orangé (carottes, courges), certains tubercules (patates douces à chair jaune), les fruits jaune orangé (abricots, papayes, mangues), et bien sûr l'huile de palme rouge, sont les principales sources végétale de VA.

1.1.2. Métabolisme de la vitamine A

1.1.2.1. Biodisponibilité et bioefficacité des caroténoïdes provitaminiques A

On estime communément à environ 600 le nombre de caroténoïdes présents dans le monde vivant, dont seuls une dizaine sont détectables chez l'homme par les méthodes analytiques actuelles. La lutéine, la zéaxanthine, la β -cryptoxanthine, le lycopène, l' α - et le β -carotène et leurs isomères géométriques sont accessibles à des techniques de chromatographie liquide à haute performance (CLHP, HPLC en anglais) de routine: plusieurs méthodes de dosage sont disponibles et sont décrites dans un article de revue de Steghens et al (30).

La biodisponibilité d'un nutriment correspond à la portion du nutriment qui, après ingestion, devient disponible pour être normalement utilisée pour les fonctions physiologiques ou pour le stockage (31, 32). Dans des conditions stables, la quantité de caroténoïdes du plasma humain représente approximativement 1% des caroténoïdes de l'organisme, alors que la plus grande partie se trouve dans le foie (33). Dans la notion de biodisponibilité il y a premièrement l'absorption qui conditionne la quantité du caroténoïde passant la barrière digestive et deuxièmement la bioconversion de ce caroténoïde absorbé en rétinol. La bioefficacité intègre, en plus de la biodisponibilité, le transport et l'impact du rétinol converti sur le statut et les autres fonctions biologiques (34). Ces deux termes sont souvent utilisés l'un pour l'autre; cependant une différence entre ces termes est suggérée. En effet, des carotènes alimentaires, tout en étant biodisponibles parce que libérant du rétinol, peuvent être d'une faible bioefficacité.

La conversion des carotènes, essentiellement d'origine végétale, en rétinol représente un facteur clé du statut en VA dans de nombreuses populations, particulièrement celles du monde en développement, où la consommation de produits carnés est à la fois faible et irrégulière. Jusqu'aux récentes études qui ont été publiées, le mécanisme de conversion des carotènes en rétinol était considéré selon deux mécanismes enzymatiques de clivage distincts. Il s'agit du clivage central et du clivage excentrique.

Ces deux mécanismes ont fait l'objet de nombreuses controverses suscitées par la non caractérisation de leurs enzymes. Le clivage central suggérait que le β -carotène était clivé par une enzyme (35) en deux molécules de rétinol qui ensuite sont réduites en rétinol (36) ou oxydées en acide rétinoïque (37, 38) sous l'action du $\beta\beta$ -carotène 15-15' dioxygénase. Le clivage excentrique quant à lui aboutirait à la formation d'une molécule de β -apo-carotène qui sera converti à la fois en rétinol, en β -apo-acide caroténoïque et en une faible quantité d'acide rétinoïque (38, 39).

Van Vliet et al (40) suggérait que le ratio ester de rétinol et β -carotène pourrait être un bon indicateur de la conversion intestinale du β -carotène en rétinol. À partir du β -carotène absorbé, 60 à 70% serait converti, principalement en ester de rétinol (41).

Les connaissances sur l'absorption et la conversion des caroténoïdes ont évolué de façon sensible lors des dernières années. Des faits nouveaux concernant leur absorption ont été découverts alors que certaines controverses, notamment au sujet du clivage des caroténoïdes, sont maintenant résolues (42). Le mécanisme de clivage du β -carotène par la $\beta\beta$ -carotène 15,15' monooxygénase anciennement appelée $\beta\beta$ -carotène 15,15' dioxygénase a pu être précisé et une enzyme réalisant le clivage asymétrique a été découverte. La $\beta\beta$ -carotène 15,15' monooxygénase n'agit que sur les liaisons 15,15' formant ainsi deux molécules de rétinol à partir d'une molécule de β -carotène par clivage central. Si la $\beta\beta$ -carotène 15,15' monooxygénase est bien plus active sur le β -carotène, cette enzyme a une spécificité assez large et agit sur tous les caroténoïdes. Il existerait une autre enzyme, peut-être plusieurs, produisant des clivages asymétriques, donnant des apocaroténals qui pourraient en partie former de l'acide rétinoïque. La $\beta\beta$ -carotène 15,15' monooxygénase est de loin la plus active et agit principalement dans la muqueuse duodénale et le foie. Chez l'homme la conversion du β -carotène et des caroténoïdes provitaminiques A est incomplète et requiert un statut protéique satisfaisant (42).

1.1.2.1.1. Facteurs affectant la biodisponibilité et la bioconversion des caroténoïdes

Depuis la revue de la littérature effectuée par de Pee et West (43), il ressort que la biodisponibilité et la bioconversion des caroténoïdes sont influencées par de nombreux facteurs. L'acronyme SLAMENGI (43, 44) qu'ils ont proposé pour les regrouper, rappelle le rôle spécifique de chacun de ces facteurs. Chaque lettre représente un facteur : S pour *Species of carotenoids* (pour traduire la biodisponibilité relative des différents caroténoïdes), L pour *Molecular Linkage* (pour tenir compte des groupements additionnels parfois greffés sur les caroténoïdes, esters notamment), A pour *Amount of carotenoid consumed in the meal* (pour tenir compte de l'efficacité relative d'absorption en fonction de la quantité de caroténoïdes apportée par le repas), M pour *Matrix in which the carotenoid is incorporated* (pour tenir compte de la matrice végétale dans laquelle est incorporé le caroténoïde), E pour *Effectors of absorption* (pour tenir compte des nutriments et des médicaments qui peuvent affecter l'absorption), N pour *Nutrient status of the host* (pour intégrer l'effet du statut en VA de l'individu sur l'efficacité d'absorption), G pour *Genetic factors* (qui prend en compte les facteurs génétiques), H pour *Host-related factors* (qui tient compte des facteurs liés à l'hôte: âge, sexe, et pathologies notamment) et I pour *mathematical Interactions* (pour exprimer la synergie pouvant exister entre ces différents facteurs).

Ainsi donc, l' α - et le β -carotène auraient une biodisponibilité similaire. Cependant les isomères *cis* du β -carotène bien que plus solubles dans les micelles (45), sont moins bien absorbés que les isomères *trans* (46). Cette biodisponibilité des caroténoïdes serait possiblement affectée par l'estérification dont elles sont parfois l'objet, parce que leur nature lipophile privilégierait plutôt une absorption sous forme libre. Cependant une étude sur la lutéine n'a montré aucune différence entre la biodisponibilité de la lutéine estérifiée ou libre (47).

On admet généralement que le pourcentage d'absorption des caroténoïdes diminue avec la quantité consommée. En effet, des études suggèrent que chez l'homme, le pourcentage des caroténoïdes absorbés diminue avec la quantité ingérée (48), et que par le fractionnement de la consommation d'une quantité donnée de carotène, la concentration plasmatique de celui-ci (49, 50) augmente. Cependant, une étude chez le

rat suggère, que les absorptions respectives du β -carotène, du lycopène et de l'astaxanthine croissent linéairement avec la dose ingérée (51).

La matrice dans laquelle les caroténoïdes sont incorporés influence également leur biodisponibilité. Le β -carotène serait mieux absorbé lorsqu'il est en suspension dans l'huile que dans les aliments. Les matrices végétales seraient moins favorables à la biodisponibilité des caroténoïdes. Dans une étude conduite en Indonésie, de Pee et al (52) ont trouvé que la biodisponibilité des carotènes des fruits était quatre fois plus élevée que celle des légumes feuilles, dû au fait que les caroténoïdes de ces légumes feuilles sont pris dans les structures de la matrice végétale et complexés à des protéines dans les chloroplastes. Toutefois, la cuisson et la transformation industrielle des aliments végétaux, de même que le simple hachage ou broyage au niveau des ménages (53, 54), améliore la biodisponibilité des carotènes.

Les caroténoïdes étant généralement consommés avec d'autres aliments, des travaux ont été consacrés à l'étude des interactions qui pourraient avoir lieu entre aliments et caroténoïdes. Les données disponibles concernent essentiellement les interactions avec les lipides, les fibres et les autres caroténoïdes. Ainsi, les triglycérides pourraient faciliter la bio-accessibilité des caroténoïdes en présentant un réservoir hydrophobe dans lequel les caroténoïdes pourraient s'extraire progressivement. Les triglycérides stimulent la sécrétion biliaire et augmentent ainsi la quantité de micelles solubilisant les caroténoïdes, et possiblement aussi leur capacité à les solubiliser (55). Une quantité minimale de triglycérides (3g dans le repas dans lequel est assimilé le caroténoïde) est nécessaire et suffisante pour une bonne assimilation des caroténoïdes (56). Les fibres alimentaires (en particulier la cellulose, les hémicelluloses, la pectine) ne sont pas digérées dans la partie haute du tube digestif humain. Elles peuvent affecter la formation de micelles, inhiber l'activité des lipases digestives et augmenter la viscosité du milieu. Les travaux de Riedl et al confirment en effet que les fibres diminuent l'absorption des caroténoïdes (57). Certains caroténoïdes seraient en compétition pour leur absorption (58), cependant il n'est pas sûr que cette compétition ait un effet majeur sur le statut plasmatique en caroténoïdes à long terme (59).

L'assimilation et la conversion en VA des caroténoïdes seraient modulées par le statut vitaminique A. Ce fait a été retrouvé dans plusieurs études chez le rat (41, 60), mais

aussi chez des enfants (61) où le clivage du β -carotène en VA était deux fois plus fort chez les déficients en VA que chez les non déficients.

Aucune donnée n'est disponible sur l'implication de gènes codant pour des protéines impliquées dans le métabolisme des caroténoïdes et dans leur absorption. On sait toutefois que le sexe, l'âge, ou certaines maladies sont susceptibles de modifier l'absorption des caroténoïdes. Les femmes ont des concentrations plasmatiques en caroténoïdes généralement supérieures à celles des hommes. Ceci pourrait être dû au fait qu'elles consomment plus de caroténoïdes pour un volume plasmatique total généralement inférieur, ou dû aux œstrogènes, qui augmenteraient l'absorption des caroténoïdes (62).

L'âge semble affecter l'absorption des caroténoïdes. En effet si l'absorption du α -, β -carotène et probablement celle de la lutéine n'est pas affectée par l'âge, les personnes âgées absorbent deux fois moins bien le lycopène que les sujets jeunes (63) sans que le mécanisme ne soit pour autant encore clairement élucidé. L'absorption des caroténoïdes nécessite une intégrité totale des fonctions digestives, si bien que les maladies affectant la digestion et l'absorption intestinale auront des répercussions sur le transfert plasmatique de ceux-ci (42).

1.1.2.1.2. Conversion des caroténoïdes en rétinol et en acide rétinoïque

Les mécanismes biochimiques impliqués dans la conversion des caroténoïdes en VA font toujours l'objet de nombreux travaux (42). Chez l'homme, dans la cellule intestinale elle-même, mais aussi dans le foie, une partie de l' α -carotène, du β -carotène et de la β -cryptoxanthine absorbés subit une activation vitaminique: un clivage oxydatif de la double liaison 15-15 conduit au rétinol, précurseur du rétinol. D'autres coupures peuvent porter sur des doubles liaisons excentrées, et des apocaroténals 8', 10' et 12' peuvent également conduire aux rétinoïdes (64). Le clivage fait appel à des processus enzymatiques (central et asymétrique) ou oxydatifs.

Le clivage central enzymatique coupe la molécule de β -carotène au niveau de sa double liaison 15-15' grâce à une enzyme, la β -carotène dioxygénase, conduisant à la production de rétinaldéhyde ou rétinol dans le cytosol (65). Le rétinol peut être réduit de façon réversible en rétinol ou irréversiblement en acide rétinoïque (28). Plusieurs études

in vitro chez l'animal, confirmées par une étude *in vivo* chez le rat (66), ont montré que, dans l'intestin, le clivage est quasi exclusivement central.

Si le clivage central du β -carotène produit du rétinol, le clivage excentré engendre, lui, des apocaroténals partiellement oxydés en apocaroténones, strictement inactives en termes de métabolisme de la VA. Les apocaroténals à chaîne longue produits par le clivage excentré pourraient aussi donner de l'acide rétinoïque par un mécanisme comparable à la β -oxydation des acides gras (67). L'enzyme responsable du clivage central est cytosolique alors que les clivages excentrés seraient catalysés par des enzymes membranaires (42).

Les caroténoïdes peuvent également être scindés par les radicaux libres, en particulier ceux produits par action de la lipoxigénase sur des acides gras libres (68). Les radicaux libres produits avec l'oxydation de l'acide arachidonique par la lipoxigénase inhibent le clivage central du β -carotène au profit du clivage excentré (69).

L'équivalence des caroténoïdes provitaminiques peut être déterminée approximativement par des tests de croissance chez l'animal, mais dont les résultats sont parfois difficiles à transposer chez l'homme. Des essais fondés par exemple sur la mesure de la teneur hépatique en VA ont été poursuivis dans le but d'évaluer au plus près l'équivalence des caroténoïdes en rétinol (70). Jusqu'en 1967, la teneur vitaminique A était exprimée en unités internationales (UI) de VA ou de β -carotène par rapport à des standards internationaux. L'OMS (71), se basant sur le fait que seulement 33% de β -carotène était absorbé au niveau digestif et que sa conversion en VA était de 50% (72) et en postulant que cette conversion n'était pas influencée par des facteurs externes et qu'elle était efficace à 100%, a recommandé d'exprimer la teneur vitaminique en poids (équivalents rétinol ou ER), le rétinol d'un haut degré de pureté étant devenu disponible comme standard de référence. Néanmoins le système des UI continue malgré tout à être utilisé, entraînant bien des confusions et erreurs (73). L'OMS a proposé qu'un μg de β -carotène soit équivalent à 0.167 μg de rétinol (ratio 6:1) et a fixé arbitrairement l'activité vitaminique des autres caroténoïdes à la moitié de celle du β -carotène. Les équivalences étaient alors les suivantes (71, 74) : 1ER = 1 μg de rétinol = 3.33 U.I. de rétinol = 2 μg de β -carotène pur = 10 U.I. de β -carotène = 6 μg de β -carotène alimentaire = 12 μg d'autres caroténoïdes alimentaire provitaminiques A.

Plus récemment l'*Institute of Medicine* des USA (75) a donné une définition de l'activité vitaminique des caroténoïdes en équivalents d'activité rétinol (EAR). À partir d'une étude menée sur des sujets dont l'état de santé et de nutrition était normal, il a été démontré que le taux d'absorption du β -carotène était de 14% (76) plutôt que de 33% comme initialement admis. Ainsi, les membres de la commission chargée des nouvelles recommandations ont ajusté ce taux d'absorption à 16.6% (75) en considérant que le régime utilisé lors de cet essai était pauvre en fruits comparativement à celui de la population nord américaine. L'efficacité de la conversion du β -carotène, quant à elle, a été maintenue à 50 % sur la base des études antérieures (72). Ainsi, sur le fondement de ces considérations, le facteur de conversion du β -carotène de 12 μg EAR pour 1 μg EAR de rétinol a été fixé, et officialisé en remplacement des facteurs conventionnels, de sorte que 1 EAR = 1 μg de rétinol = 2 μg de β -carotène pur = 12 μg de β -carotène alimentaire = 24 μg d'autres caroténoïdes alimentaire provitaminiques A.

1.1.2.2. Absorption de la vitamine A

L'alimentation apporte principalement les esters de rétinol et les caroténoïdes et notamment le β -carotène qui vont subir successivement les actions des sécrétions gastriques, pancréatiques et intestinales. Les esters de rétinol sont hydrolysés par la carboxy-ester-hydrolase et par une hydrolase de la bordure en brosse de l'entérocyte, ces deux enzymes étant activées par les sels biliaires. Une fois hydrolysé, le rétinol est incorporé aux micelles formées sous l'influence des sécrétions biliaires et pénètre ainsi la paroi intestinale (2, 36). À dose physiologique, ce transport est actif et assuré par la médiation d'un transporteur saturable; à dose pharmacologique, ce transport s'effectue par voie passive. L'efficacité de l'absorption de la VA préformée dans les aliments est élevée, soit 70-90% (77). Dans la cellule intestinale, le rétinol est réestérifié essentiellement en palmitate de rétinol, incorporé aux chylomicrons, et excrété dans la lymphe, pour rejoindre la circulation générale par le canal thoracique. Une faible quantité de rétinol est absorbée directement et atteint le foie par le système porte. Les provitamines A sont absorbées sans clivage puis hydrolysées en rétinol dans la cellule intestinale. Des résultats récents suggèrent que cette absorption s'effectuerait par l'intermédiaire d'un transporteur membranaire (46). Le rétinol peut alors être réduit en

rétinol et transporté par les chylomicrons. Il faut quand même noter que 50 à 80 % des caroténoïdes de l'alimentation ne sont pas absorbés et sont éliminés dans les fèces (62).

1.1.2.3. Stockage de la vitamine A

Le foie est le principal organe de stockage de la VA et de son métabolisme. Il contient environ 60 à 80% de la VA corporelle principalement sous la forme de rétinyl ester dans les cellules stellaires et le reste dans les hépatocytes (78). En cas de besoin, c'est la partie stockée dans les hépatocytes qui est d'abord mobilisée. Lorsque le statut en rétinol est déjà marginal, ce sont principalement les hépatocytes qui stockent la VA de façon à permettre une mobilisation plus rapide. Sous sa forme liée au Retinol Binding Protein (RBP), sa protéine de transport, la VA est libérée dans le sang circulant. Elle peut aussi être liée à un autre transporteur spécifique et être transportée vers d'autres sites de stockage que sont les hépatocytes et les lipocytes (cellule d'Ito) où elle est à nouveau estérifiée pour être mise en réserve (27).

1.1.2.4. Transport plasmatique de la vitamine A

Depuis le foie, le rétinol est libéré dans le plasma lié à sa protéine de transport, le *Retinol Binding Protein* (RBP). Le RPB libre ou apo-RBP est synthétisé dans le foie. C'est un monomère de poids moléculaire 21 000, possédant un site récepteur pour le rétinol. Juste avant sa sortie de l'hépatocyte, le complexe rétinyl-apo-RBP se lie à la transthyrétine (TTR), aussi appelée préalbumine, ce qui le protège d'une déperdition par filtration dans le rein. Le RBP est présent dans le sang à la concentration de 1.9 à 2.4 $\mu\text{mol/l}$ chez les sujets en bonne santé, tandis qu'il s'accumule dans le foie en cas de manque de rétinol. Dans le sang, le ratio entre la TTR et le RBP est de 2/1. Une fois au niveau des cellules, le rétinol est pris en charge par une autre protéine de transport, le *Cellular Retinol Binding Protein* (CRBP), puis oxydé en rétinol. Une partie de ce rétinol est oxydée en acide rétinoïque, qui se lie par la suite à sa protéine porteuse, le CRABP. Cette protéine jouerait un rôle dans l'interaction de l'acide rétinoïque avec son récepteur nucléaire qu'est le RAR (Retinoic Acid Receptor) (79).

1.1.3. Rôle de la Vitamine A dans la vision, la différenciation cellulaire et l'immunité

L'implication de la VA dans la vision est connue depuis longtemps. La rhodopsine, pigment photosensible présent dans les bâtonnets de la rétine, est à la base du phénomène physico-chimique responsable de l'adaptation de l'œil à l'obscurité. En effet, cette rhodopsine est décomposée par une lumière de faible intensité, déclenchant un influx nerveux qui va permettre l'adaptation. La rhodopsine est synthétisée à partir du 11 *cis*-rétinal provenant non seulement du rétinol plasmatique mais aussi de la décomposition même de la rhodopsine. La VA intervient également dans la croissance osseuse, l'hématopoïèse, la fertilité, la différenciation cellulaire et la réponse immunitaire (27, 80).

Chez les sujets carencés en VA, on constate la disparition des cellules sécrétrices de mucus des tissus épithéliaux, laissant la place à une kératinisation progressive des couches cellulaires. Ceci est observé dans tous les tissus de l'organisme et explique la sécheresse conjonctivale qui s'installe au stade de cécité nocturne (81). Une enzyme régulatrice non encore connue serait responsable de l'implication, selon un mécanisme comparable à celui des hormones, de l'acide rétinoïque dans la différenciation cellulaire (27). La carence en VA, en altérant l'intégrité des épithélia, rend poreuse cette ligne de défense immunitaire non spécifique. Les fonctions de la VA dans l'immunité spécifique surtout cellulaire sont également reconnues au travers de plusieurs études ayant démontré l'intérêt de la VA comme moyen de réduction non seulement de l'incidence, mais aussi de la durée et de la sévérité des infections (14, 81). On sait aujourd'hui que la carence en VA détériore la fonction des neutrophiles, des macrophages et des cellules tueuses. En outre, il est établi que la VA est nécessaire à la production des lymphocytes T-helper et des lymphocytes B (82). En revanche, l'immunité humorale semble sauvegardée dans les cas de carence, comme le suggère le peu d'altération de la production d'anticorps (ou gamma-globulines) chez des enfants carencés (83).

1.1.4. Interactions de la vitamine A et d'autres nutriments

Le rôle des protéines, du zinc, de l'iode, de la vitamine E et du fer dans le métabolisme de la VA a été rapporté par plusieurs auteurs. La carence en ces nutriments aurait des répercussions sur la bio-efficacité des caroténoïdes.

L'ingestion de protéines améliore l'utilisation du β -carotène. L'absorption du β -carotène dépend de la quantité, mais aussi de la qualité, des protéines alimentaires. Pour la consommation humaine, des quantités même faibles de protéines présentes dans le régime alimentaire semblent suffisantes lorsqu'il y a assez de VA préformée ou de β -carotène, sauf dans les cas de carence sévère en protéines. En effet, un apport alimentaire en protéines est nécessaire pour la synthèse des protéines associées au clivage du carotène en rétinol et pour la transport de la VA (84).

Le zinc interagit avec la VA comme facteur de la libération du foie, de la protéine de transport (RBP) ou de l'activation de l'hydrolase rétinyl palmitate et comme co-facteur dans les réactions d'oxydation et de réduction du rétinol. Un faible apport en zinc se traduirait par une diminution de la conversion du β -carotène en rétinol étant donné que cette conversion est assurée par une enzyme, la rétinene réductase (84), qui contient du zinc.

L'iode serait également impliqué dans la bioconversion du β -carotène en rétinol. En effet, dans une étude portant sur 55 femmes Iraniennes âgées de 20 ans, Kimiagar et al (85) ont trouvé une baisse de la rétinolémie avec une augmentation du β -carotène sérique de façon proportionnelle à la taille de leur goître.

La vitamine E quant à elle, augmenterait la biodisponibilité de la VA, en la protégeant contre l'oxydation (73).

La carence en VA et en fer ont tendance à co-exister étant donné que les régimes pauvres en VA sont généralement aussi pauvres en fer. En outre, leur action laisse supposer une interaction entre ces micro-nutriments. En effet, un déficit en VA provoque une anémie et une hyposidérémie insensible à un traitement martial (2). En outre, l'anémie est mieux corrigée par la VA combinée au fer que par l'une ou l'autre séparément. Dans le cadre d'un essai randomisé en double aveugle (86), quatre groupes de jeunes adolescentes du Bangladesh ont reçu respectivement un placebo, 2,42 mg de

VA sous forme de rétinyl palmitate, du fer et de l'acide folique (120 mg de sulfate ferreux et 3,5 mg d'acide folique), et enfin la VA, le fer et l'acide folique. Après 12 semaines de traitement à raison d'une prise par semaine, la concentration en hémoglobine a davantage augmenté dans les groupes recevant une combinaison de fer/folate ou de VA/fer/folate que dans le groupe placebo ou celui à VA seule. En outre l'anémie, la carence en fer et la faible rétinolémie ont baissé respectivement de 92%, 90% et de 70% dans le groupe à VA/fer/folate, par rapport au groupe placebo. Cependant le mécanisme des interactions de la VA et de l'anémie reste encore obscur. En effet, une supplémentation en VA permet d'accroître le fer sérique lorsque celui-ci est bas, mais selon des travaux effectués sur des animaux, une baisse de l'hémoglobine consécutive à un régime pauvre en fer est associée à une baisse du rétinol sérique, avec un accroissement des esters de rétinol hépatique, comme si la carence en fer entravait la mobilisation de la VA hépatique (87).

Outre ces nutriments, le gras alimentaire joue également un rôle dans l'absorption de la VA. Dans une étude randomisée, contrôlée et en double aveugle conduite au Ghana (88), un échantillon de 519 enfants d'âge préscolaire a été réparti dans 5 groupes chacun recevant à partir d'un plat de base fait de riz, d'igname ou de gari, une ration différente par la quantité de carotène et de matières grasses. Dans le groupe 1, les enfants recevaient en plus du plat de base, un supplément de feuilles vertes apportant 400 µg EAR et 20 g de matières grasses. Dans le groupe 2, les enfants n'avaient pas l'adjonction de matières grasses. Dans le groupe 3, les enfants n'avaient ni supplément, ni matières grasses. Dans le groupe 4 les enfants recevaient à la place du supplément de feuilles vertes, 400 µg EAR de β-carotène pure. Dans le groupe 5 enfin, les enfants avaient, en plus du menu du groupe 1, un traitement antihelminthique. Après trois mois de distribution de tels repas une fois par jour, 7 jours par semaine, les infections parasitaires, l'état nutritionnel et l'hémoglobine ont été évalués. Les résultats ont montré que la rétinolémie s'était améliorée de 23% dans le groupe 1 et de 44% dans le groupe 4, tandis que cette amélioration était nulle dans les groupes 2 et 3. La présence de matières grasses dans le régime alimentaire des enfants était un facteur nécessaire à l'amélioration de leur rétinolémie.

1.2. Méthodes d'évaluation du statut en vitamine A

L'importance de l'évaluation du statut en VA des sujets comme des populations est évidente. Elle constitue un exercice difficile en raison de l'existence d'une variété de méthodes utilisant divers indicateurs et ayant chacune leur sensibilité et spécificité propre. En 1996, l'OMS a fait une revue des méthodes d'évaluation du statut en VA, distinguant les carences cliniques des carences infra cliniques (89).

1.2.1. Évaluation clinique

L'évaluation clinique de la carence en VA, basée sur la recherche des signes oculaires, est déjà bien décrite avec une classification précise proposée par l'OMS (90). En référence à cette classification, les signes primaires incluent le xérosis conjonctival (X1A), les taches de Bitot avec xérosis conjonctival (X1B), le xérosis cornéen (X2), l'ulcération cornéenne avec xérosis (X3A) et la kératomalacie (X3B). Il existe en outre des signes secondaires qui peuvent cependant avoir d'autres causes, notamment le fond d'œil xérophtalmique (XF) et les cicatrices cornéennes (XS). L'un des premiers signes de la carence, qui correspond au stade XN de la classification de l'OMS et qui est le plus souvent connu dans les langues locales des populations qui en souffrent, est la cécité nocturne. La prévalence de ce signe est l'indicateur de carence utilisé dans de nombreuses études. Un algorithme recommandé par l'OMS (89) permet, lorsque la cécité nocturne n'est pas connue dans la langue locale, de faire la distinction entre celle-ci et d'autres formes de cécité de causes non nutritionnelles. Un spécialiste est cependant nécessaire pour l'appréciation des signes oculaires de carence plus avancés. La cécité nocturne est reconnue aujourd'hui comme un indicateur de la carence en VA chez les femmes enceintes. En effet, une prévalence $\geq 5\%$ (91) de cécité nocturne chez les femmes enceintes, dans un échantillon minimal de 1522 femmes (92), est le seuil qui définit un problème de santé publique.

1.2.2. Méthodes biochimiques

1.2.2.1. Réserves en vitamine A de l'organisme

Les réserves totales de l'organisme en VA peuvent être évaluées par la méthode de la dilution isotopique qui fait appel à du rétinol marqué avec du deutérium. C'est une méthode qui est encore difficile à mettre en place sur le terrain dans le cadre d'une évaluation de routine, mais elle est de plus en plus utilisée en recherche (93-95). Le principe de cette technique consiste en l'administration d'une dose orale de rétinol marqué au deutérium à un sujet. Trois semaines plus tard, alors que le rétinol administré s'est équilibré avec les réserves organiques, on procède à un prélèvement sanguin à partir duquel les réserves de l'organisme sont calculées en fonction de la quantité de rétinol marqué ingérée. Dans une étude conduite au Bangladesh, 15 hommes et 16 femmes âgés de 21 à 65 ans ont participé à une étude de validation de cette méthode. Neuf à 11 jours avant une intervention chirurgicale, ces sujets ont reçu une dose orale de 0,753 nmol de rétinyl acétate marqué au deutérium par kg de poids corporel. Au cours de l'intervention chirurgicale, une biopsie hépatique a été faite à chacun des sujets. À partir de cette pièce de biopsie, la concentration hépatique de VA a été mesurée et comparée à celle obtenue par la dilution isotopique (96). Les résultats ont montré que les réserves hépatiques moyennes obtenues par les deux techniques sont similaires, de $0,110 \pm 0,072$ mmol pour la dilution isotopique et de $0,100 \pm 0,067$ mmol pour les biopsies.

Outre la mesure des réserves par la dilution isotopique, une estimation indirecte de ces réserves, qui représentent 90% des réserves totales de l'organisme, peut être faite par la Réponse Relative à la Dose (RRD) et sa version modifiée (RRDM) qui n'oblige qu'à un seul prélèvement sanguin plutôt que deux. Cette technique consiste à administrer une forte dose de rétinol et à observer les variations du rétinol circulant. Chez un sujet carencé en VA ou ayant un statut marginal, l'administration de cette forte dose entraîne une réponse sérique caractérisée par un accroissement des taux circulants, liée à la saturation des protéines de transport. À l'opposé, chez le sujet qui a un bon statut en VA, cette administration de VA n'entraînera qu'une faible hausse du rétinol circulant.

En pratique, dans le test de RRD, des doses de 450 à 1000 mg d'ester de rétinol dissous dans de l'huile sont administrées par voie orale à des enfants en bas âge à jeun après un premier prélèvement de sang; un second prélèvement est effectué 5 heures plus tard (97). Dans sa version modifiée (RRDM), c'est un analogue du rétinol, le 3,4-didéshydro-rétinyl acétate qui est utilisé, à raison de 5.3 μmol par voie orale pour les jeunes enfants (98, 99). Les résultats sont interprétés à partir de l'augmentation du niveau du rétinol circulant entre les deux prélèvements. Ainsi, une hausse supérieure à 20% du niveau du rétinol à la cinquième heure pour la RRD, ou un rapport entre le niveau du 3, 4-déhydro-rétinol et celui du rétinol supérieur à 6% pour la RRDM sont des signes de statut inadéquat en VA.

1.2.2.2. Rétinol circulant

Dans le sang, le rétinol est principalement sous forme liée à sa protéine de transport, le RBP, qui est lui-même liée à la transthyrétine. Les formes estérifiées sont dans des proportions mineures, exception faite des cas de supplémentation avec des capsules de rétinyl ester, ou dans les cas de prise d'aliments riches en esters de rétinol (27). L'évaluation de ce rétinol circulant se fait par Chromatographie Liquide à Haute Performance (CLHP) sur le sérum, à partir d'un prélèvement de sang veineux. Cette méthode d'évaluation est cependant limitée par le fait que le rétinol sérique ne reflète pas suffisamment bien les réserves de l'organisme. Chez les sujets qui ont des réserves adéquates, le rétinol sérique reste dans des limites homéostatiques; ce n'est que dans les cas où les réserves hépatiques s'abaissent en deçà du seuil de 0.07 $\mu\text{mol/g}$ de foie que le rétinol sérique s'abaisse. En outre, le rétinol sérique est fortement influencé par des facteurs comme les infections et certaines pathologies rénales, comme par la carence en zinc. Toutes ces limites font du rétinol sérique un indicateur peu spécifique et non recommandé pour une évaluation du statut en VA d'un individu. Cependant, il peut être utilisé pour évaluer le statut en VA d'une population, comparée à elle-même à deux moments différents ou encore pour comparer deux populations pour évaluer les changements (27, 89, 100). On explique cette possibilité par le fait que pour une population, les facteurs d'influence du rétinol circulant sont en principe présents dans une proportion constante. Dans le cas de la comparaison d'une population à elle-même

en deux temps différents, il est important cependant de vérifier que les facteurs influençant le rétinol sérique n'ont pas évolué dans ce laps de temps.

Depuis 1996 les seuils de $0.70 \mu\text{mol/l}$ et de $0.35 \mu\text{mol/l}$ ont été retenus par l'OMS pour définir respectivement une carence et une carence sévère de rétinol sérique, qui caractérise un état de carence infra clinique (89). Dans une population la carence en VA devient un important problème de santé publique lorsque la prévalence des rétinolémies $< 0.70 \mu\text{mol/l}$ est $> 10\%$ ou que celle des rétinolémies $< 0.35 \mu\text{mol/l}$ est $> 5\%$.

1.2.2.3. Autres indicateurs du statut en vitamine A

La concentration en rétinol du lait maternel est un indicateur du statut en vitamine A des femmes qui allaitent et, de manière indirecte, de celui de leurs nourrissons (101); le seuil recommandé par l'OMS pour définir une faible teneur en rétinol du lait maternel est de $1.05 \mu\text{mol/l}$ de lait, la teneur moyenne dans une population à statut marginal étant de $1.4 \mu\text{mol/l}$, ou de $8 \mu\text{g/g}$ de matières grasses (89).

D'autres indicateurs peuvent être utilisés pour évaluer le statut en vitamine A, parmi lesquels on peut retenir les indicateurs biologiques, histologiques, fonctionnels, ou écologiques.

Le dosage de la RBP peut être utilisé pour évaluer le statut en VA spécialement dans les enquêtes de populations, car la presque totalité de la VA sérique est liée à cette protéine dans les conditions d'apport adéquat. Dans les régions où les apports sont insuffisants, le ratio apo-RBP sur RBP-total (apo+holo-RBP) devrait être la mesure utile car le pourcentage d'apo - RBP augmente avec la carence en VA (102). L'utilisation de ce test chez les rats (103) a montré qu'il avait une meilleure corrélation avec les réserves hépatiques de VA que le rétinol sérique, mais son application chez l'humain demande encore à être validée (102, 103). Toutefois, il offre l'avantage d'être moins exigeant que le dosage du rétinol sérique et de pouvoir être effectué sur des échantillons sanguins secs collectés sur papier filtre, simplifiant ainsi la collecte.

Le test d'impression conjonctivale est également un outil d'évaluation du statut en VA (81). Ce test, qui s'appuie sur les modifications histologiques de l'épithélium conjonctival provoquées par la carence en VA, est limité par le fait qu'il est d'usage difficile chez les enfants de moins de 3 ans, de même que par sa non spécificité. En

effet, les modifications conjonctivales que ce test permet d'observer sont communes à plusieurs pathologies ophtalmologiques avec sécheresse conjonctivale (104).

Plusieurs autres tests fonctionnels pour évaluer le statut en VA ont été mis au point, dont le test d'adaptation à l'obscurité, le temps de restauration de la vision et la constriction pupillaire. L'adaptation à l'obscurité, mesurée quantitativement par des instruments sophistiqués en milieu clinique, se manifeste par l'incapacité de bien voir dans le noir après une exposition à la lumière vive (105, 106). Un appareil portatif testé par Udomkesmale et al (107) permet de mesurer le temps de restauration de la vision chez des enfants de quatre ans et plus.

Les indicateurs anthropométriques, les disponibilités alimentaires, le profil de consommation alimentaire, les indicateurs de santé et les indicateurs socio-économiques sont des indicateurs qui peuvent permettre d'estimer le risque de carence dans une population (92), tout autant que l'évaluation des apports alimentaires (voir section 1.2.3.1.).

1.2.2.4. Critères de choix d'une méthode d'évaluation du statut en vitamine A

Le choix d'une méthode dépend des exigences et objectifs de l'étude, de même que des ressources disponibles. En se basant sur des critères de sensibilité, spécificité, coût et faisabilité technique, l'OMS a proposé une classification selon qu'il s'agit d'évaluer un risque de déficit, de cibler des programmes ou d'évaluer l'efficacité des interventions (89). Le tableau I ci-dessous présente cette classification dans laquelle le signe «+» est une appréciation positive et le signe «-» le contraire. Plus il y a de «+» et plus l'indicateur est valide, tandis que plus de «-» montre que l'indicateur n'est pas valide.

Tableau I: Classement des indicateurs biologiques du statut en vitamine A utilisés pour des études de population

Indicateurs	Évaluation de risque de carence	Ciblage de programmes	Évaluation de l'efficacité
Cécité nocturne	+++	+++	+++
Rétinol du lait maternel	--	+++	--
Rétinol sérique	--	-	--
RRD et RRDM	+++	+++	+++
Impression conjonctivale	-	--	--

Source : OMS, 1996

1.2.3. Les apports de vitamine A

1.2.3.1. Évaluation des apports de vitamine A

L'évaluation des apports en VA peut fournir un indicateur indirect du statut en VA, même si elle peut sembler compliquée. Deux techniques principales peuvent être utilisées, soit une mesure ou estimation directe de la consommation alimentaire par pesée ou observation, soit une estimation *a posteriori* au moyen de rappels de 24 heures ou de questionnaires de fréquence de consommation d'aliments sources de VA. Si la mesure directe est limitée par sa lourdeur et les difficultés à la mettre en œuvre sur de gros échantillons, le rappel de 24 heures et les questionnaires de fréquence font appel à la mémoire et sont ainsi sujets aux risques d'oublis et d'imprécisions (108, 109). Outre ces difficultés, des réalités sociales viennent compliquer cette méthode d'évaluation. En effet, dans de nombreuses communautés et notamment en Afrique, les aliments sont consommés dans un plat commun. Un peu partout, la consommation d'aliments hors du domicile est en augmentation et elle est difficile à appréhender.

Pour le cas particulier de la consommation d'aliments riches en VA, le questionnaire de fréquence de consommation paraît le plus adapté, non pour mesurer avec précision la quantité consommée mais surtout pour identifier des groupes à risque d'apport inadéquat. De nos jours deux modèles de questionnaire de fréquence de consommation alimentaire sont souvent utilisés dans le monde en développement pour l'évaluation des risques de carence en VA : celui de l'IVACG (110, 111) et celui de Helen Keller International (HKI).

La méthode originale de l'IVACG est une approche semi quantitative basée sur un rappel de 24 heures de la consommation d'aliments sources de VA, ainsi que sur la fréquence habituelle de consommation de ces aliments sur un mois, afin d'identifier les groupes à risque d'apport insuffisant en VA (111). La première étape de cette méthode consiste à faire une enquête qualitative pour déterminer les aliments locaux riches en VA et utilisés dans l'alimentation du groupe ciblé. Puis, des entrevues avec la population sont conduites pour déterminer la taille des portions habituellement utilisées (petite, moyenne, grosse portion) et les méthodes de préparation de ces aliments. On consulte alors les tables de composition pour classer les aliments identifiés en trois groupes selon la teneur en VA d'une petite portion : élevée ($>250 \mu\text{g ER}$), intermédiaire ($50 \text{ à } 250 \mu\text{g ER}$) et faible ($< 50 \mu\text{g ER}$). Pendant l'administration du questionnaire de fréquence, on demande pour chaque aliment la consommation durant les dernières 24 heures et la taille de la portion consommée à chaque occasion. Pour la fréquence de consommation durant la période de référence, la même stratégie est adoptée. Les données du rappel de 24 heures sont converties en indice de consommation de VA (IC), tandis que celles de la fréquence de consommation permettent de calculer l'indice de consommation usuelle (ICU). Dans une étude réalisée au Niger par Delisle et al (112), 124 enfants d'âge préscolaire ont participé à la validation par deux passages de ce questionnaire de fréquence. Une surestimation par le questionnaire des apports de VA avait été constatée, de l'ordre de 15% au premier passage et de 22% au deuxième passage, liée probablement à la surestimation des aliments d'origine animale, et comportant le danger de sous estimation de la proportion des enfants exposés à un risque d'apport insuffisant.

La méthode de HKI ne vise pas à quantifier les apports en ER mais à déterminer le nombre de jours de consommation d'une liste d'aliments riches en VA, en matières grasses ou en protéines (110). Elle requiert un échantillon de 50 mères dans au moins 15 villages et le traitement des données se fait manuellement. Une communauté est considérée comme ayant un problème de carence en VA si la fréquence moyenne de consommation de denrées animales sources de VA est inférieure à quatre jours par semaine, ou si la fréquence moyenne des sources végétales et animales de VA est inférieure à six jours par semaine. Lorsque le problème touche 70% des villages, toute la communauté est considérée comme ayant un problème de carence en VA.

Il faut bien noter que toutes ces méthodes nécessitent une étape de validation avant leur utilisation à des fins de recherche.

1.2.3.2. Relation entre apports et statut en vitamine A

L'alimentation est reconnue comme le principal déterminant direct de la carence en VA (113, 114). Un régime alimentaire suffisant et contenant des aliments variés présente généralement peu de risque d'apport nutritionnel inadéquat, incluant l'apport en VA. À l'opposé, les régimes alimentaires monotones, constitués presque exclusivement d'un aliment de base unique, généralement une céréale ou un tubercule, exposent aux carences nutritionnelles. La consommation d'aliments d'origine animale comme le foie, les œufs et le lait entier, sources de VA préformée, a été associée à une amélioration du statut en VA de préscolaires au Niger (115), mais aussi en Indonésie, où les enfants qui n'en consommaient pas présentaient 2,3 et 8 fois plus de risque de xérophtalmie que ceux qui en consommaient respectivement au moins une fois par mois et une fois par semaine (116).

Les sources végétales en provitamine A constituent la principale source de VA dans beaucoup de PED. L'association entre ces sources végétales et le statut vitaminique A a été montrée à plusieurs reprises. Ainsi, de nombreux exemples d'interventions montrent le rôle positif des caroténoïdes végétaux sur le rétinol sérique, que ce soit à partir de feuilles vertes (52), de fruits (52, 117), ou de l'HPR (6, 118-124). Les approches utilisées dans ces différentes interventions seront décrites dans la section traitant des interventions de DA (voir section 1.4.3.). On sait toutefois que le lien entre ces sources

alimentaires, tant animales que végétales, et le statut en VA tient non seulement à leur teneur en VA, mais aussi à la taille moyenne de la portion habituellement consommée, à la biodisponibilité et à la bioefficacité des carotènes pour lesquelles la présence de gras dans le régime alimentaire est déterminante (88) comme décrit dans la section (1.1.4), de même qu'à la régularité de la consommation.

1.2.3.3. Facteurs influençant les apports en vitamine A

Le statut socio-économique, les disponibilités saisonnières et les habitudes alimentaires peuvent influencer les apports en VA au sein d'une communauté (125). Les croyances en santé sont également des déterminants du comportement alimentaire (126). À titre d'exemple, les œufs, qui constituent une source importante de VA préformée, font l'objet d'un interdit dans plusieurs PED dont le Burkina Faso, justement pour les personnes qui en ont le plus besoin - les enfants par crainte qu'ils deviennent voleurs et les femmes enceintes de peur que leur progéniture ne devienne également voleuse, ou chauve (127).

1.3 Épidémiologie de l'avitaminose A

1.3.1. Ampleur

L'Afrique de l'Ouest, l'Asie et une partie de l'Amérique latine sont très touchées par cette forme sournoise de malnutrition particulièrement délétère pour les femmes enceintes ou allaitantes et les enfants de moins de cinq ans (4). C'est environ 250 millions d'enfants de moins de 5 ans à travers le monde qui sont exposés à cette carence. On constate toutefois que la plupart des enfants atteints (90%) ne présentent pas de lésions oculaires, mais seulement des signes infra cliniques (128). Cette carence constitue un important problème de santé publique dans de nombreux PED, tant par les lésions oculaires et la cécité dont elle est responsable, que par son effet direct sur la morbidité et la mortalité des enfants d'âge préscolaire. L'OMS (129) estime que 250 000 à 500 000 enfants à travers le monde deviennent partiellement ou totalement aveugles chaque année, et cela en raison de la carence en VA, et que la moitié de ces enfants

décèdent dans l'année. En se basant sur la revue de Ezzati et al (130), l'OMS fait une analyse des principaux facteurs de risque de morbidité/mortalité à l'échelle mondiale, et conclut que huit des quinze facteurs de risque de morbidité/mortalité sont nutritionnels, dont la carence en VA. En Afrique, la carence en VA qui s'ajoute à la sous-nutrition serait ainsi responsable de 30% des décès infanto juvéniles et maternels.

Chez les femmes, l'OMS estime qu'environ 600 000 décès de femmes liés aux complications de l'accouchement pourraient être annuellement évités par une meilleure alimentation de celles-ci incluant un apport adéquat de VA (129).

La découverte de la VA comme outil d'amélioration de la survie de l'enfant et de la santé de la mère a suscité dans le monde un regain d'intérêt pour l'actualisation des connaissances, la mise en oeuvre et l'évaluation des stratégies préventives. Dans les populations carencées, l'amélioration du statut vitaminique peut réduire la mortalité infanto juvénile de 23 % en moyenne, d'après une méta analyse (15). Shankar et al (14), en Papouasie-Nouvelle-Guinée, ont montré que la supplémentation en vitamine A chez des enfants de 6 à 60 mois réduisait de 30% les cas de paludisme à *P. falciparum*, avec une parasitémie significativement plus basse chez les enfants qui avaient le supplément que chez les enfants du groupe placebo. Selon l'OMS (129), l'élimination de la carence en VA pourrait réduire de 25% la mortalité infantile et de 50% celle induite par la rougeole. Dans une étude contrôlée conduite au Népal, l'amélioration du statut en VA de femmes enceintes a été associée à une réduction spectaculaire (40%) de la mortalité maternelle (16).

1.3.2. Déterminants de la carence

En s'inspirant du cadre conceptuel des facteurs causaux de la malnutrition de l'UNICEF, Bloem (131) a proposé un cadre conceptuel dans lequel il lie la carence en VA à trois niveaux de causes : les causes immédiates matérialisées par les apports inadéquats et l'interaction avec les maladies infectieuses; les causes sous-jacentes qui regroupent l'ensemble des problèmes liés à l'accès aux sources alimentaire de VA, l'inadéquation de l'éducation et des soins offerts aux mères et à leurs enfants, et l'inadéquation de l'environnement de santé; enfin, les causes fondamentales qui se rapportent aux ressources et à leur maîtrise en matière économique, politique et humaine.

1.3.2.1 Facteurs alimentaires

L'apport alimentaire inadéquat en VA est considéré comme la principale cause immédiate de la carence en VA (113, 114). La relation entre l'alimentation et le statut en VA a été abordé dans la section 1.2.3.2. Les habitudes alimentaires (allaitement, sevrage) des ménages peuvent influencer le statut en VA de leurs nourrissons. L'effet protecteur de l'allaitement maternel a été déjà rapporté dans plusieurs études. En Indonésie notamment, Tarwotjo et al (132) ont constaté que le risque de signes cliniques de xérophtalmie augmentait avec la précocité du sevrage complet. L'allaitement a été également indépendamment et positivement associé à un faible risque de xérophtalmie dans une étude conduite en République Kiribati par Shaumberg et al (113). En Afrique, De Sole et al ont constaté chez des enfants éthiopiens que l'arrêt précoce de l'allaitement maternel était associé à un plus grand nombre de cas de xérophtalmie légère (133). Cependant, dans un contexte de forte prévalence de la carence en VA chez les mères, les nourrissons même allaités peuvent être à risque de carence en VA (92).

Outre l'allaitement, certaines pratiques alimentaires familiales seraient également associées à un risque accru de xérophtalmie. On cite parmi celle-ci, la non consommation de certains aliments cependant riches en VA par l'ensemble de la famille, ou l'interdiction de certains aliments aux enfants en raison de croyances socioculturelles (126). Au-delà de la consommation des aliments riches en VA, l'état nutritionnel général des enfants a été associé à leur statut en VA dans plusieurs études. Il est vrai que des études ont retrouvé des cas de MPE isolée (110, 134) suggérant que l'avitaminose A peut se manifester indépendamment de la malnutrition globale. Cependant la carence en VA accompagnait la MPE dans plusieurs autres études (113). La relation entre carence en VA et MPE a été présentée comme probable par les travaux de Donnen et al. et Goetghebuer et al au Zaïre (135, 136) et par Fuchs en Thaïlande (137). Dans la MPE sévère, la synthèse de la RBP est entravée, bloquant ainsi la mobilisation de la VA hépatique. Aujourd'hui, les données anthropométriques utilisées pour évaluer l'état nutritionnel des populations sont utilisées par l'OMS comme des indicateurs pour identifier une zone ou une population à haut risque de carence en VA. En effet, il est admis qu'une prévalence du retard de croissance (taille-pour-âge) $\geq 30\%$ chez les enfants de moins de 5 ans, de même qu'une prévalence de l'émaciation (poids-pour-

taille) $\geq 10\%$ dans ce même groupe d'âge, définissent une population à haut risque de carence en VA (92).

1.3.2.2. L'âge et le genre

Il a été établi que les enfants d'âge préscolaire sont les plus vulnérables et les plus touchés par la carence en VA. Les raisons de cette vulnérabilité tiennent à leurs besoins plus importants en raison de la croissance, opposés à des réserves plus faibles, mais aussi à l'exposition plus élevée de ces enfants aux infections et parasitoses (81). Les femmes constituent également un groupe vulnérable comme c'est déjà le cas pour les autres formes de malnutrition (138). Plusieurs études dans le milieu scolaire suggèrent également que les écoliers ne sont pas non plus épargnés par cette carence (139-142).

Le sexe semble également un facteur épidémiologique à considérer, les sujets de sexe masculin apparaissant plus susceptibles à la carence en VA que ceux de sexe féminin. Il a été trouvé chez des adultes américains que le faible niveau de rétinol sérique était de 20% supérieur chez hommes que chez les femmes (100), résultats que les données de l'enquête nationale conduite par Sommer en Indonésie tendent à confirmer (143).

1.3.2.3. Les infections et les infestations parasitaires

La carence en VA expose les sujets aux infections et, inversement, l'état infectieux, surtout dans sa phase aiguë, s'accompagne d'une baisse importante et plus ou moins prolongée du niveau de rétinol sérique (144). La réaction inflammatoire aiguë qui a lieu dans les processus infectieux, avec augmentation de la protéine C-réactive, a été proposée par Smith et al (145) pour expliquer la baisse du rétinol circulant. En effet, l'augmentation de la protéine C-réactive se fait au détriment des protéines de transport, particulièrement la RBP (146, 147). Non seulement la production des protéines de transport serait réduite, mais également celles produites avant le processus inflammatoire seraient dirigées vers le milieu extra cellulaire, d'où une baisse du rétinol circulant. Cette baisse du rétinol circulant consécutive à un déficit en protéine de transport peut se prolonger à travers une excrétion urinaire plus importante du rétinol, excrétion normalement faible ou nulle lorsque le rétinol est lié à la RBP. Sommer et al

(81), dans une revue de la littérature, font ressortir l'association de la baisse du rétinol sérique et de diverses infections. Les infections diarrhéiques, respiratoires et parasitaires sont également fréquemment associées à des chutes du niveau du rétinol sérique (148). Les infestations parasitaires, en particulier avec les vers ronds (trichures, oxyures, ascaris), seraient également associées à une altération du statut en VA en entravant l'absorption des carotènes provitamine A, notamment des feuilles vertes. En effet, des traitements anthelminthiques associés à des suppléments de VA ou de provitamines végétales se sont généralement montrés plus efficaces que les suppléments seuls pour améliorer le statut en VA (149-151).

À l'inverse, l'amélioration des apports et du statut en VA est également associée à une réduction de la mortalité spécifique à certaines infections, notamment la rougeole dont elle réduit la mortalité de 50% (129).

1.3.2.4. Le statut socio-économique

Dans une étude conduite aux USA dans le but d'évaluer le statut en VA et E d'enfants issus de familles socialement désavantagées, 32% de ces enfants avaient des réserves faibles, mesurées par la RRDM (152), montrant ainsi que plus d'attention devrait être accordée aux enfants de ménages défavorisés. Une corrélation entre le statut en VA et le statut économique avait été déjà établie en Indonésie par Sommer et al en 1982 (143), même si quelque années plus tard et dans le même pays Kjolhede et al (153) n'ont pas retrouvé cette corrélation. En Afrique, la répartition géographique de la carence en VA surtout dans les zones pauvres suggère une association entre la précarité et la pauvreté et cette forme de malnutrition. En outre, les parties du monde touchées sévèrement par cette carence sont celles qui ont un bas niveau de développement socio-économique (92).

1.4. Stratégies de lutte contre la carence en vitamine A à l'échelle des populations

La carence en VA était fréquemment observée en Europe occidentale jusqu'au début du 20^{ème} siècle; elle a persisté au Japon jusque dans les années 1930 (2) avant de progressivement disparaître des pays industrialisés. L'amélioration de la situation de la VA a résulté, dans ces pays, d'une amélioration qualitative de l'alimentation des populations, de plus en plus riche en fruits et légumes, en viande et en laitages. En outre, certains aliments étaient enrichis en VA, permettant d'assurer de façon permanente un apport stable en VA, et ce quelles que soient les conditions d'approvisionnement du marché. Cette évolution de l'apport alimentaire représente la solution idéale vers laquelle devraient tendre tous les PED mais, en attendant, des alternatives peuvent être trouvées pour remédier à la carence de façon plus ou moins rapide et de façon plus ou moins permanente. Ces stratégies de lutte contre la carence en VA consistent principalement en la supplémentation médicamenteuse, l'enrichissement alimentaire et la diversification alimentaire (DA), chacune avec ses forces et faiblesses.

1.4.1. Supplémentation médicamenteuse

La supplémentation médicamenteuse représente la principale stratégie à court terme de lutte contre l'avitaminose A, proposée pour la première fois en 1964 (2). Elle consiste en l'utilisation de capsules fortement dosées en VA (100 000 à 200 000 UI, soit 30 à 60 mg de rétinol) comme moyen curatif et préventif de la carence en VA (20). Plusieurs études, conduites dans le but d'en évaluer l'efficacité et l'intérêt, permettent de lui accorder un certain succès.

1.4.1.1. Supplémentation en vitamine A et mortalité

Depuis la présentation des résultats montrant les bienfaits spectaculaires de suppléments de VA sur la survie d'enfants atteints de rougeole (154), plusieurs autres études à assise communautaire ont démontré une réduction importante de la mortalité après l'administration systématique et périodique (tous les 4 à 6 mois) de capsules de VA aux enfants d'âge préscolaire. C'est le cas notamment de la méta analyse de Fawzi et al

(155) qui trouvait une réduction de la mortalité de 30%, mais aussi de celle de Beaton et al (15) qui, elle, démontrait une réduction de 23%.

Plus récemment, une étude randomisée en double aveugle a été réalisée au Népal dans le but de vérifier l'impact de la supplémentation en VA, selon la dose recommandée durant la grossesse, sur la mortalité de femmes en âge de procréer (16). Un total de 36.847 femmes ont été recrutées, randomisées et suivies pendant leur grossesse et 12 mois après l'accouchement. Les femmes du groupe d'intervention recevaient un supplément de 7000 µg d'ER/semaine soit sous forme de rétinol ou de β-carotène, alors que les femmes du groupe contrôle recevaient un placebo. L'évaluation de la mortalité des femmes au cours des 12 mois qui ont suivi leur accouchement montre une réduction significative de la mortalité, de 40% et 49% dans le groupe des femmes qui ont reçu respectivement de la VA et celles qui ont reçu le β-carotène.

1.4.1.2. Supplémentation en vitamine A et morbidité

De nombreux travaux font état de l'impact de la supplémentation en VA sur la morbidité, ce qui expliquerait la réduction de la mortalité. La supplémentation en VA réduirait la morbidité par maladies infectieuses comme les diarrhées, les infections respiratoires, la rougeole et le paludisme, mais aurait également un impact positif dans des cas de retard de croissance.

En Indonésie, déjà dans les années 1980, un essai randomisé auprès d'enfants d'âge préscolaire montrait que la supplémentation en VA deux fois l'an permettait d'améliorer la croissance des garçons (156). En Inde, un essai randomisé en double aveugle suggérait à son tour que la supplémentation en VA chez des enfants malnutris de moins de 3 ans avait des effets positifs sur leur croissance, même si ce n'était pas statistiquement significatif (157). Ces résultats négatifs ont été attribués par les chercheurs non pas à l'inefficacité de la supplémentation, mais plutôt au système de soins performant dans les deux villages comparés dans l'étude. Ce système de soins performant aurait permis d'assurer, avant le début de l'étude, une bonne couverture de la supplémentation « universelle » de VA.

Dans leur revue, Nalubola et al (158) soutenaient que la supplémentation en VA semblait avoir un impact plus important dans la réduction de la sévérité des diarrhées

que dans leur prévention. Barreto et al (159) ont trouvé au Brésil que la supplémentation en VA s'accompagnait d'une réduction de 9% de la fréquence des diarrhées modérées. Bhandari et al (160) dans une autre étude montraient que la supplémentation en VA était associée à une réduction de 36% de la prévalence de diarrhée fébrile chez des nourrissons de plus de 23 mois.

Dans un essai randomisé dans les années 1990 conduit chez de jeunes enfants d'Afrique du Sud hospitalisés pour cause de rougeole, Hussey et al (161) ont montré que la supplémentation en VA permettait de réduire les cas de pneumonie et de diarrhée et réduisait la durée d'hospitalisation. D'autres études consacrent le rôle protecteur de la supplémentation en VA aussi bien sur la morbidité que la mortalité dues à la rougeole (15, 158).

Outre l'impact de la VA sur la morbidité et la mortalité, le rapport coût-efficacité de la supplémentation en VA comme stratégie de lutte contre l'avitaminose A a été abordé dans quelques études. Dans une étude conduite aux Philippines, des chercheurs ont évalué le coût-efficacité d'un programme de supplémentation de masse destiné aux enfants de 6 à 59 mois (162). Ils ont comparé la supplémentation universelle de tous les enfants de 6 à 59 mois, la supplémentation large s'adressant aux enfants présentant une insuffisance pondérale de légère à modérée, et la supplémentation réduite qui cible les enfants souffrant de malnutrition de modérée à grave. L'efficacité de la supplémentation était mesurée par le nombre de décès évités sur une période de 5 ans. La supplémentation universelle, au regard de leurs résultats, apparaissait comme la stratégie la plus efficace en termes de coût par décès évité, estimé à 67,2 \$US, contre 144,1 \$US et 257,2 \$US respectivement pour la supplémentation large et restreinte.

Cependant, l'analyse comparative du rapport coût-efficacité de plusieurs interventions de lutte contre la carence en VA en Indonésie, effectuée par Grosse et al dans les années 80 (163), révèle des résultats plus nuancés. En effet, après avoir développé un modèle d'analyse du coût-efficacité pour chacune des stratégies (diversification alimentaire, supplémentation médicamenteuse et enrichissement) et en intégrant plusieurs facteurs, ces auteurs ont montré que le coût-efficacité de l'intervention variait en fonction du budget alloué. Ainsi, pour un budget faible, la DA apparaissait comme la stratégie qui

présentait le meilleur rapport coût-efficacité, devançant la supplémentation et l'enrichissement.

Toutefois, il faut reconnaître à la supplémentation médicamenteuse le mérite d'être simple, attrayante au plan politique, avec des résultats souvent rapides et spectaculaires, et ne nécessitant pas de changement de comportements alimentaires. Il n'est donc pas étonnant de voir qu'elle apparaisse déjà, dès les années 1990, comme la solution du problème de l'avitaminose A. Cependant la supplémentation médicamenteuse n'est pas sans limites et inconvénients. En effet, si la supplémentation médicamenteuse peut être présentée comme une intervention de santé répondant aux problèmes immédiats de carences cliniques et infra cliniques, elle se défend moins comme une solution durable (164), qui devrait plutôt être centrée sur l'alimentation (165). En outre, la supplémentation a l'inconvénient majeur de favoriser la dépendance des populations qui en bénéficient et fait obstacle, dans les familles et communautés qui souffrent de la carence en VA, à la prise de conscience de l'origine alimentaire de cette carence, et aux moyens dont ils disposent ou devraient disposer pour produire, acheter et consommer davantage d'aliments sources de VA (19). L'efficacité de la supplémentation dépend bien souvent de celle du système de distribution, bien souvent rudimentaire avec comme corollaire une couverture généralement trop faible de la population cible (164).

1.4.2. Enrichissement alimentaire

Les programmes d'enrichissement alimentaire sont souvent considérés comme des actions à moyen terme qui permettent d'augmenter les apports en VA. L'enrichissement alimentaire consiste à incorporer, dans un aliment dit « vecteur », une quantité donnée de VA sous une forme appropriée, afin d'assurer un apport régulier de VA. Il fait partie de ce qu'il est convenu d'appeler actuellement les approches de lutte à assise alimentaire (17) qui, outre l'enrichissement alimentaire, intègrent la DA, qui prend en compte les différents maillons depuis la production des aliments riches en micronutriments jusqu'à leur consommation, en passant par la conservation et les éventuelles transformations des aliments. L'enrichissement des aliments en VA (et en autres nutriments) est une pratique qui a connu des succès dans plusieurs pays du nord surtout, mais s'implante

graduellement dans les pays du sud, notamment au Guatemala (166) avec l'enrichissement du sucre et aux Philippines (167) avec celui de la margarine.

On reconnaît à l'enrichissement alimentaire plusieurs avantages. En effet, son efficacité est indépendante d'un changement des habitudes alimentaires, étant donné l'utilisation d'aliments vecteurs déjà socialement acceptés et consommés (168). L'enrichissement en VA bien conduit a des effets qui vont du moyen au long terme, outre l'avantage qu'il a de ne présenter aucun risque tératogène pour les femmes enceintes. L'enrichissement alimentaire peut se faire à grande échelle au niveau industriel, mais également à petite échelle au niveau des communautés et même des ménages, offrant la possibilité aux populations qui n'ont pas accès aux produits industriels de consommer tout de même des aliments enrichis (168, 169).

Au niveau national, l'approche de l'enrichissement alimentaire requiert un certain nombre de conditions préalables, résumées par Darnton-Hill (170) :

- L'aliment vecteur à enrichir doit être consommé par une grande majorité (au moins 50%) de la population à risque de carence en VA;
- Cet aliment doit être consommé de façon régulière sur toute l'année;
- Le secteur industriel doit être impliqué dans la production de ces aliments enrichis;
- Il doit y avoir un engagement politique au niveau national qui se matérialise par une législation et des avantages fiscaux à même d'encourager et de promouvoir la production et le contrôle de ces aliments enrichis.

1.4.2.2. Succès de l'enrichissement alimentaire

Les programmes d'enrichissement alimentaire sont bien souvent couronnés de succès, comme en témoignent les nombreux produits enrichis largement répandus dans les pays développés (171). Graduellement les pays latino-américains et asiatiques se familiarisent avec ces expériences d'enrichissement, notamment avec le sucre, l'huile, le blé, le riz, le thé et le glutamate monosodique comme vecteurs (170).

Dans les années 1970, le glutamate monosodique (MSG) a été choisi comme aliment vecteur dans une intervention d'enrichissement alimentaire aux Philippines, en raison de sa fréquente consommation par la plupart des enfants. Après 11 mois d'intervention, le taux de rétinol sérique d'enfants d'âge préscolaire s'est significativement amélioré avec

une baisse de la prévalence de la xérophtalmie (172, 173), malgré une perte de 42% de la teneur en VA liée à l'instabilité de la VA dans le MSG. En outre, l'utilisation de la margarine enrichie dans un essai randomisé en double aveugle chez des préscolaires a montré, après 6 mois d'intervention, une baisse significative de la prévalence du faible taux de rétinol sérique (soit $<20\mu\text{g/dl}$) de 25,7 à 10,1% dans le groupe des enfants qui ont reçu la margarine enrichie, comparativement au groupe placebo où cette prévalence variait peu, de 26,7 à 27,6% (167).

L'impact sur le statut en micronutriments de la consommation de biscuits enrichis de β -carotène, de fer et d'iode a été mesuré en Afrique du Sud dans un essai randomisé avec groupe contrôle auprès d'écoliers de 6 à 11 ans (124). Après un an d'intervention, la prévalence des faibles taux de rétinol sérique baissait de 39,1 à 12,2 % dans le groupe d'écoliers recevant les biscuits, pendant qu'elle passait de 40,7 à 42,5% dans le groupe contrôle. Outre un meilleur statut en VA, les écoliers ayant reçu les biscuits enrichis étaient moins anémiques et leur statut en iode s'était amélioré comparativement aux écoliers du groupe contrôle. Cette étude a permis de démontrer d'une part que les biscuits pouvaient être enrichis en plusieurs micronutriments et d'autre part que la consommation de ces biscuits enrichis par les écoliers améliorait de façon significative non seulement leur statut en micronutriments mais aussi leurs fonctions cognitives, tout en réduisant la morbidité.

L'enrichissement des aliments, à condition d'être bien conduit, peut contribuer de manière importante aux apports journaliers en VA des enfants. Ainsi, des chercheurs du Guatemala ont trouvé que chez les enfants de 21 mois de quartiers urbains pauvres, 87% en moyenne des apports en VA provenaient de 10 aliments et que 55% des apports totaux étaient fournis par trois aliments enrichis (174).

Cependant, les difficultés de choix d'un aliment vecteur, le risque potentiel d'instabilité du nutriment d'enrichissement, les systèmes de contrôle de qualité souvent peu efficaces, la difficulté des gouvernements à supporter les coûts de l'enrichissement et l'industrie agro-alimentaire encore vétuste dans bon nombre de PED constituent des limites sérieuses au déploiement de cette stratégie (164).

1.4.3. Diversification alimentaire

1.4.3.1 Variantes de la diversification alimentaire

La diversification alimentaire (DA) est une approche importante dans la lutte contre l'avitaminose A à long terme. Les mesures centrées sur les circuits alimentaires, (2, 8) visent à accroître la production, la disponibilité, l'accès et la consommation d'aliments sources de VA, de même qu'à changer les pratiques alimentaires des groupes cibles dans le but d'augmenter la biodisponibilité des provitamines A. Elle comprend notamment, en plus de l'éducation nutritionnelle, un certain nombre de mesures que sont : le développement de la production d'aliments riches en VA; le développement du jardinage familial et scolaire ou encore l'irrigation des cultures permettant la culture de légumes et de fruits toute l'année; un meilleur usage de ressources alimentaires existantes; une augmentation de la ration lipidique quand elle est trop faible; l'encouragement à l'allaitement maternel. La DA présente l'avantage d'être une des solutions durables pour le contrôle de la carence en VA (18, 165, 169). L'évaluation d'un certain nombre d'interventions de DA témoigne en effet de leur efficacité dans la lutte contre la carence en VA.

Dans cette section, seront abordés les jardins potagers et diverses autres interventions qui visent l'accroissement de la production locale en aliments riches en VA.

1.4.3.1.1. Les jardins potagers

Afin d'accroître les apports en VA chez les groupes exposés à la carence, des mesures destinées à augmenter la production et la disponibilité en toutes saisons de végétaux sources de VA sont souhaitables (164). Le développement des jardins familiaux et scolaires s'inscrit dans cette perspective. Plusieurs projets de jardinage ont montré les effets positifs de cette approche sur le statut en VA, en plus d'autres bienfaits alimentaires, nutritionnels et économiques (175).

Dans une zone à forte prévalence de la carence infantile en VA (rétinolémie inférieure à 20µg/dl) en Afrique du Sud, la mise en place d'un projet de jardinage dont l'objectif était la production et la consommation d'aliments sources de β-carotène a comporté un certain nombre d'activités, dont la communication sur la relation entre les aliments riches en β-carotène, la VA et la santé des enfants et des démonstrations de jardins potagers aux mères du site d'intervention. En outre, la permission était donnée aux femmes impliquées dans les activités du projet de bénéficier de l'expertise d'un agent du projet pour l'installation de leur propre jardin à domicile. Après un an d'intervention, l'évaluation du projet, qui consistait en la mesure de son impact sur les apports en VA des enfants de 2 à 5 ans du site eu égard à la présence ou à l'absence de jardin potager à leur domicile, a révélé des résultats intéressants. En effet, les enfants des ménages qui disposaient d'un jardin potager à domicile bénéficiaient d'un apport significativement plus élevé de 1133 Équivalents Rétinol (ER) en comparaison à l'apport de 640 ER chez les enfants des ménages sans jardin potager. Outre l'apport en VA, l'apport en vitamine B6, en riboflavine et en bien d'autres micronutriments s'en trouvait également augmenté chez les enfants de ménages avec jardin potager. Ces résultats ont conduit à la conclusion que l'intervention permettait non seulement d'améliorer de façon significative l'apport en VA des enfants de la communauté d'intervention, mais aussi d'augmenter la diversité des aliments consommés par ladite communauté.

À la suite d'un projet pilote installé dans quatre villages indiens, un projet de jardinage familial associé à un programme d'éducation nutritionnelle et sanitaire fut mis en place dans 30 villages, couvrant un total de 1500 ménages, dont 77% avaient des apports inadéquats en VA, et dont 15% des enfants de moins de 5 ans souffraient de cécité nocturne. L'évaluation de cette intervention a démontré une augmentation de 15% de la production de légumes verts dans les jardins potagers, de même qu'une augmentation de la fréquence de consommation de végétaux sources de provitamine A. La prévalence de la cécité nocturne et des taches de Bitot est passée respectivement de 15% à 5% et de 2,8% à 0,8% dans la zone d'intervention. Outre les aspects alimentaires et nutritionnels, les résultats de l'évaluation montraient que l'intervention avait permis à 40% des ménages de générer des revenus supplémentaires à partir de la vente de 10 à 25 % de leur production (176).

1.4.3.1.2. Promotion d'aliments locaux riches en vitamine A

Dans un essai contrôlé au Vietnam, des chercheurs ont évalué l'impact d'une supplémentation alimentaire de 30 jours sur le statut en rétinol sérique de 185 enfants d'âge préscolaire, avec le gac (*Momordica cochinchinensis Spreng 1826*), fruit traditionnel riche en β -carotène. Les enfants ont été aléatoirement répartis en trois groupes : un premier groupe (groupe témoin) recevait du riz, un second groupe recevait le même riz, mais mélangé au fruit du gac censé apporter 3.5 mg de β -carotène, puis enfin le troisième groupe pour lequel le riz était mélangé à du β -carotène synthétique en poudre apportant 5.0 mg de β -carotène par repas. Les résultats de cette étude ont montré que le rétinol sérique moyen était significativement supérieur dans le groupe ayant consommé le gac comparativement au deux autres groupes.

Dans un essai contrôlé conduit auprès d'écoliers âgés de 6-12 ans du Niger, des chercheurs ont évalué l'efficacité de la consommation de feuilles vertes sous diverses formes (bouillies ou homogénéisées) sur leur statut en VA, et celle de la prise supplémentaire d'anti-helminthes sur le statut en VA de ces écoliers. Pour évaluer l'effet de la consommation des feuilles vertes, les écoliers ont été répartis en 3 groupes: un premier groupe d'écoliers recevait un supplément de feuilles vertes sous diverses formes (bouillies ou homogénéisées), un second groupe d'écoliers recevait un supplément de β -carotène, contre un troisième groupe témoin qui ne recevait aucun supplément. Pour mesurer l'effet du traitement anti-helminthique, les écoliers ont été répartis en début d'étude dans deux groupes, l'un recevant du mébendazole et l'autre un placebo, et ce en double aveugle. Après 30 jours, les résultats montraient que globalement la prévalence des faibles taux de rétinol sérique avait baissé de 22,4% dans le groupe recevant les feuilles vertes, contre seulement une baisse de 8,9% dans le groupe témoin négatif. La forme du supplément de feuilles vertes n'avait pas d'impact sur le statut en VA des écoliers. En outre le traitement au mébendazole n'était pas associé à une amélioration du statut en VA (177), vraisemblablement parce que ce médicament ne correspondait pas au profil local des parasitoses intestinales.

Un programme de promotion de la consommation de patates douces à chair orangée a été conduit auprès de femmes de villages du Kenya. Ce programme consistait en de l'éducation nutritionnelle combinée à la vulgarisation de cette nouvelle variété de patate et à la formation aux méthodes de transformation de celle-ci. Malgré la sécheresse qui a frappé la région au moment de l'intervention, il a été démontré que les différents messages, qui intégraient les possibilités pour les femmes de vendre les patates, en sus de la consommation, ont permis une amélioration des apports en provitamine A de leurs enfants de moins de 5 ans, par une augmentation du score de consommation selon la méthode proposée par HKI (établi sur la base de la fréquence de consommation), qui est passé de 4,2 à 5,8 (178).

En Tanzanie, une intervention conduite auprès des femmes visait à leur faire adopter des fours solaires améliorés, pour le séchage et la conservation d'aliments, surtout ceux riches en VA (179). Les activités de cette intervention étaient essentiellement de l'éducation nutritionnelle et sanitaire, en relation avec l'utilisation des fours améliorés. L'évaluation de cette intervention après deux ans d'activités portait sur l'adoption des fours améliorés et la consommation d'aliments riches en VA, mais aussi sur les revenus générés par les femmes et l'évaluation du temps consacré à leurs différentes activités. Le taux d'adoption des fours solaires était de 77% parmi les femmes qui avaient suivi les séances de formation. Le score HKI de consommation d'aliments riches en VA des enfants est passé de 3,2 à 5,7 dans les villages de l'intervention, contre une augmentation de 3,6 à 4,1 dans les villages témoins. Le revenu des femmes des villages d'intervention avait tendance à augmenter, sans différence significative avec les villages témoins cependant, mais l'utilisation des fours améliorés était rapportée par les femmes comme étant un moyen qui leur avait permis de gagner du temps supplémentaire à consacrer à leurs enfants.

Les interventions de DA utilisant l'HPR seront abordées dans la sous-section 1.5.2.

D'autres types d'interventions de DA ont également démontré leur succès. On peut notamment retenir celles qui s'appuient sur la promotion et la protection de l'allaitement maternel (180), celles qui s'appuient sur le marketing social pour induire des changements de comportements propices à la santé nutritionnelle (181), mais aussi celles qui s'appuient sur la production animale, que ce soit celle des poulets afin

d'augmenter la production et la consommation des œufs (182), ou celle de la production halieutique (183).

La DA se présente au travers de toutes ces interventions comme une approche intégrée durable (18, 169), dont les bienfaits ne sont pas que nutritionnels. Elle permet en outre aux populations qui en bénéficient de se libérer de la dépendance à l'égard des subventions de supplémentation (169), notamment, et elle offre une occasion propice pour que celles-ci établissent le lien conceptuel alimentation santé (164). Le déploiement de cette stratégie de lutte contre l'avitaminose A se heurte cependant à un certain nombre d'obstacles.

1.4.3.2. Obstacles au déploiement des interventions de diversification alimentaire

On reconnaît à la DA un certain nombre de limites, dont : le fait que c'est généralement une approche de longue durée, impliquant des changements de comportement; le fait que ce sont des interventions qui exigent la participation de la population concernée; le fait qu'elles requièrent la collaboration des secteurs de l'agriculture, de la nutrition et de la santé; et le fait qu'elles se heurtent le plus souvent à des obstacles économiques, technologiques et culturels (17). En outre, peu de projets et de programmes de DA sont adéquatement évalués et publiés. Ces limites sont diversement citées pour justifier la préférence pour d'autres types d'intervention au détriment de la DA. Dans le but de cerner les facteurs qui influencent le choix de stratégies de lutte contre l'avitaminose A au niveau national, deux petites études qualitatives sur les perceptions des principaux acteurs de terrain (acteurs gouvernementaux et ONG) ont été menées, l'une au Burkina Faso et l'autre au Tchad (184). Dans les deux pays, la prédominance de la supplémentation a été reconnue dans les interviews approfondies. La pertinence de la DA était largement reliée au fait que la supplémentation était reconnue comme étant une approche non durable. Il ressort de ces études et de la revue de la littérature subséquente sur les interventions de DA que les acteurs eux-mêmes sont bien souvent peu informés des potentialités alimentaires, ce qui peut pour partie expliquer leur réticence. Cette méconnaissance des atouts de la DA est pour partie le résultat de l'évaluation insuffisante de ces interventions et d'une diffusion limitée des résultats, le cas échéant.

Rarement l'évaluation des interventions alimentaires porte sur les processus et leur implantation, alors que ce sont là des aspects qui permettraient de comprendre et d'expliquer le succès ou l'échec d'une intervention (185, 186). Mieux comprendre les facteurs qui expliquent l'issue d'une intervention pourrait aider à réduire les idées préconçues sur les interventions de DA, ouvrant la voie à une meilleure connaissance de celles-ci par les intervenants eux-mêmes et surtout par les décideurs. L'analyse de l'implantation offre l'opportunité de conforter la force d'association entre les effets observés et l'intervention, la séquence temporelle et la plausibilité, donnant ainsi du poids au lien de causalité entre intervention et effets.

Tout aussi rares sont les analyses de coût-efficacité des interventions de DA. De telles analyses seraient certainement utiles non seulement aux intervenants, mais aussi aux décideurs, ayant l'avantage de permettre des estimations économiques de ces interventions comme c'est le cas pour les interventions de supplémentation et d'enrichissement (17). En outre, très peu d'évaluations des interventions de DA s'intéressent au fait que ces interventions peuvent générer des emplois et des revenus supplémentaires, notamment pour les femmes, dont on sait qu'ils sont à même de contribuer à une augmentation de leurs apports en VA et bien sûr d'autres nutriments, ainsi qu'à ceux de leurs enfants (178, 179). Ces évaluations incluent rarement des indicateurs sur la participation communautaire ou des indicateurs autres que ceux du statut nutritionnel (17). Toutes ces faiblesses dans l'évaluation des interventions de DA, aussi bien en ce qui concerne leur forme que leur objet, sont des obstacles qui ne sont pas en faveur du développement de ces interventions (17). Les effets des interventions alimentaires dépassent le cadre de leur impact nutritionnel et peuvent concerner des aspects comme la génération de revenus chez les femmes et leur bien-être social, renforçant leur capacité de prise en charge des problèmes qu'elles rencontrent.

1.5. L'Huile de palme rouge comme source de vitamine A

L'huile de palme rouge est extraite du palmier à huile, plante au fruit en forme d'olive qui proviendrait du Golfe de Guinée (187). Deux espèces de palmier à huile sont connues dans le monde, la première *Elaeis guineensis* en Afrique, et la seconde *Elaeis oleifera* en région amazonienne. Trois variétés (*dura*, *tenera*, et *pisifera*), qui se différencient par l'épaisseur de la coque des noix de palme, caractérisent l'espèce *Elaeis guineensis* (188). C'est une plante qui se développe dans les zones de forêt éclaircie, tout au long des cours d'eau. Elle exige un climat tropical avec une pluviométrie minimale de 150 mm par mois préférentiellement sur toute l'année. Un are de palmiers à huile permet de produire 1500 kg par année tandis que les rendements respectifs de coco, d'arachide et de soja sont de 509 kg, 354 kg et 20 kg par are et par année, plaçant ainsi le palmier à huile parmi les plus productives de toutes les plantes sources d'huiles comestibles (188). En Afrique, des pays comme le Nigeria, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, le Bénin et le Togo disposent de grandes plantations et produisent de fortes quantités d'huile aussi bien pour la consommation locale que pour l'exportation. Le sud-ouest du Burkina Faso constitue également une zone prometteuse de production de l'huile de palme, mais à l'échelle artisanale. En effet, les provinces du Kéné Dougou et de la Comoé disposent de palmeraies sauvages qui sont minimalement exploitées et de quelques plantations de palmiers à huile. Le potentiel de production d'huile de palme ainsi que les modalités de cette production ont fait l'objet d'études au cours du projet HPR, montrant bien que cette production est possible, qu'elle peut être étendue et qu'elle est potentiellement rentable (189).

1.5.1. Composition de l'huile de palme rouge

L'huile de palme rouge est essentiellement composée de triglycérides et d'acides gras libres. Elle contient en outre d'autres composantes dont les caroténoïdes, les tocophérols, les stérols, des alcools triterpène et des xanthophylles (118, 190). Dans 100g d'huile de palme, on retrouve 94,3% de triglycérides et 3,2% d'acides gras libres, le reste étant représenté par la matière non saponifiable (188). L'huile de palme rouge représente la source végétale la plus riche en provitamine A. Les valeurs des caroténoïdes totaux

rapportées par différents auteurs vont de 500 à 700 µg/g, selon les espèces, même si une teneur de 4347 µg/g a été rapportée pour l'espèce *Elaeis oleifera* d'Afrique du Sud (188). Les variétés croisées de *Elaeis oleifera* et *Elaeis guineensis* auraient une teneur intermédiaire de 1200 à 1400 µg par g. Le β carotène et l'α-carotène représentent respectivement 47,7 et 37,0% des caroténoïdes de l'HPR. L'HPR contient également la plus forte concentration de vitamine E des huiles végétales, devançant l'huile de soja, puis de carthame, de maïs et de coton (191, 192).

Dans le cadre du projet pilote, les dosages de l'HPR effectués d'une part au Burkina Faso et d'autre part à Montréal par l'équipe du Dr Suzanne Cacan à l'Institut de Recherche Clinique de Montréal (IRCM) à partir d'échantillons d'HPR prélevés dans la zone de production de l'HPR du Burkina Faso ont permis d'établir que l'HPR contenait *grosso modo* 100µg EAR (193).

1.5.2. Efficacité de l'HPR comme source de vitamine A

La forte teneur et la haute biodisponibilité des carotènes de l'HPR font d'elle la meilleure source végétale des deVA. L'efficacité biologique de l'HPR comme source de VA est de mieux en mieux démontrée depuis les travaux de Rukmini (194). Des enfants (n=24) de 7 à 9 ans avaient été répartis en deux groupes, l'un bénéficiant d'un supplément d'HPR incorporée dans un goûter, l'autre groupe d'enfants recevant du rétinol pendant 60 jours. La mesure du rétinol sérique et des réserves hépatiques avant et après l'intervention a permis de faire le constat que 100% des enfants recevant aussi bien l'HPR que le rétinol avait un accroissement significatif du rétinol sérique, avec une amélioration significative similaire du niveau des réserves hépatiques de rétinol.

Un échantillon de 36 enfants de la même tranche d'âge (7-9 ans) que ceux de Rukmini ont été affectés de façon aléatoire dans trois groupes, dans une étude conduite en Inde. Dans le premier groupe les enfants ont reçu une méga dose de 50.000 UI de rétinol (15.000 µg EAR); dans le deuxième groupe les enfants ont reçu 4 g d'HPR chaque jour pendant 15 jours, soit environ 25.000 UI de rétinol (7500 µg EAR), sous forme de goûter; dans le troisième et dernier groupe, les enfants ont reçu 8 g d'HPR soit 15.000 µg EAR. Après 15 jours, les analyses biochimiques faites sur le sérum des enfants

montraient une amélioration significative de leur statut en rétinol en comparaison au niveau initial, dans les trois groupes (195). Trois mois plus tard, la rétinolémie des enfants était toujours meilleure à celle du début de l'intervention. Toutefois, les enfants de groupe ayant reçu 8 g d'HPR pendant 15 jours avaient une rétinolémie plus élevée que ceux qui n'en avaient reçu que 4 g. Mieux, trois mois après la fin de l'intervention, les enfants ayant reçu 8 g d'HPR par jour avaient un niveau de rétinol sanguin similaire à celui des enfants qui avaient bénéficié de la forte dose de rétinol préformé, suggérant ainsi que l'HPR est capable de maintenir les réserves hépatiques de VA à un niveau adéquat, à l'instar des suppléments de rétinol.

Dans une étude, incluant des enfants d'âge préscolaire cette fois, des chercheurs ont obtenu des résultats encourageants sur l'efficacité de l'HPR en Inde (121). Les enfants ont été aléatoirement affectés dans 6 groupes, dont deux recevaient quotidiennement de l'HPR apportant respectivement 400 µg EAR et 800 µg EAR, deux autres groupes recevaient respectivement 400 µg EAR et 800 µg EAR de rétinyl palmitate, et enfin les deux derniers recevaient 5 et 10 ml d'huile d'arachide pour servir de témoin. Après 7 mois d'essai, le statut en VA des enfants des groupes sous traitement s'était nettement amélioré. Si les teneurs en rétinol sérique étaient similaires pour les deux groupes ayant reçu l'HPR, elles étaient significativement plus élevées que celles des deux groupes de rétinyl palmitate. Ces résultats confirment que l'HPR est efficace pour corriger la carence en VA.

Des biscuits enrichis en HPR ont été mis à l'épreuve auprès d'écoliers d'Afrique du sud. Dans une étude contrôlée et randomisée conduite dans une zone rurale, 265 enfants de 5 à 11 ans ont reçu, dans un premier groupe, des biscuits enrichis en HPR correspondant au 1/3 des apports quotidiens recommandés de VA sous forme d'HPR, puis deux autres groupes de ces enfants recevaient l'un des biscuits enrichis avec du β-carotène synthétique pur et l'autre des biscuits non enrichis en tant que groupe témoin (124). Après 6 mois, les résultats montraient un accroissement significatif de la rétinolémie, mais dans les trois groupes d'enfants, avec une réduction de la proportion des enfants ayant une faible rétinolémie. Même si les changements observés dans les trois groupes n'étaient pas significativement différents, les auteurs estimaient qu'il fallait reconnaître à

l'étude le mérite d'avoir au moins démontré la bonne acceptabilité du goût et de l'apparence des biscuits contenant l'HPR.

Deux études conduites en Tanzanie ont contribué à souligner l'efficacité de l'activité vitaminique A de l'HPR ajoutée à des aliments. Dans la première, l'HPR a été ajoutée à de la farine de manioc (196) dans le cadre d'un programme dont l'évaluation a été faite avec 162 enfants de 6 à 72 mois et 68 femmes enceintes ou allaitantes. La farine de manioc enrichie à 40% en poids, soit 408 μg EAR par gramme de mélange, a été offerte aux femmes qui avaient bénéficié de séances de sensibilisation les incitant à l'utilisation de cette farine pour la préparation des plats familiaux. La rétinolémie des enfants des villages pilotes avait, au bout de 9 mois, significativement augmenté. La prévalence des faibles rétinolémies sériques au bout de 20 mois était abaissée à 5,5-9,8% dans les villages d'intervention, pendant qu'elle était encore de 58 à 60% dans les villages témoins. Des résultats comparables ont été également observés chez les femmes.

Dans la deuxième étude, 90 femmes au dernier trimestre de leur grossesse ont été réparties dans trois groupes (197). Un groupe d'intervention recevait de l'HPR dans les repas, un deuxième groupe recevait de l'huile de tournesol et un dernier groupe (groupe témoin) était encouragé maintenir ses repas habituels, comportant un aliment de base avec des légumes. Après 6 mois d'intervention, les résultats de l'évaluation montraient que la supplémentation avec l'HPR entraînait une augmentation significative de la concentration d' α et de β -carotène aussi bien dans le lait maternel que dans le plasma. Le rétinol maternel, qui habituellement subit une baisse entre le 1^{er} et le 3^{ème} mois du post-partum, s'est maintenu dans tous les trois groupes même si il tendait à chuter dans le groupe témoin. Toutefois, le changement observé dans le rétinol du lait maternel était significativement plus important dans le groupe HPR en comparaison au groupe témoin.

L'évaluation de la phase pilote du projet HPR pour la VA au Burkina Faso, portant sur les connaissances attitudes et pratiques des mères sur la carence en VA et sur l'HPR, de même que sur l'impact de la consommation d'HPR sur le statut en VA des mères et de leurs enfants, est également un témoignage éloquent en faveur de la DA qui va depuis la production d'un aliment source de VA à sa commercialisation, en s'appuyant sur le

marketing social et l'éducation nutritionnelle. En effet, après un suivi longitudinal d'une durée de 24 mois auprès de 210 paires mères/enfants, les résultats de l'évaluation, déjà publiés (6, 198-200), font ressortir que :

- ✓ Les apports en VA des mères sont passés d'une moyenne de 235 ± 11.5 à 655 ± 72.1 μg EAR/j en deux ans, tandis que ceux de leurs enfants passaient de 164 ± 7 à 514 ± 38.5 μg EAR/ pour la même période.
- ✓ La proportion des faibles taux de rétinol sérique est passée en 24 mois de $84.5 \pm 6.4\%$ à $66.9 \pm 11.2\%$ chez les enfants et de $61.8 \pm 8\%$ à $28.2 \pm 11\%$ chez les mères.
- ✓ La connaissance par les mères de l'HPR est passé de 75.3% à 100% dès la première année et s'est maintenue jusqu'en fin d'intervention.
- ✓ La connaissance des mères sur le rôle potentiel de l'HPR dans la prévention de la cécité nocturne est passée de 3.5% en 1999 à 85.1% en 2001.
- ✓ Le goût de l'HPR était apprécié par 96.6% des femmes.
- ✓ La consommation de l'HPR dans la semaine précédant la dernière enquête a été rapportée par 42.5% des femmes et 43.5% des enfants.

Ces résultats de la phase pilote du projet HPR vont plus loin car, au delà de son efficacité dans l'atténuation de la carence en VA aussi bien chez les enfants que chez leurs mères, les résultats démontrent en outre que cette HPR peut être acceptée et même achetée par des populations qui n'étaient traditionnellement pas exposées à celle-ci. Une fois le produit accepté, la pérennisation de son utilisation dans les conditions de vie normales reste indispensable pour en faire une alliée puis une alternative aux distributions universelles et gratuites de suppléments fortement dosés de VA. Il faudrait, comme le suggéraient Zagré et al, travailler à mettre en place un programme comportant d'une part la promotion soutenue de l'HPR et d'autre part le renforcement de la filière sur le plan de la production et de la commercialisation (200).

1.6. Les interventions nutritionnelles en milieu scolaire en particulier pour la vitamine A

1.6.1. Pertinence et efficacité chez les écoliers

Les interventions de nutrition en milieu scolaire visant à améliorer les apports alimentaires des écoliers ont démontré non seulement leur impact positif sur la santé de ceux-ci, mais aussi leur capacité à rehausser le niveau de fréquentation des écoles, et celui des rendements scolaires. Dans une revue de la littérature, Fernald et al (201) démontrent que la majorité des écoliers malnutris au Ghana, Nigeria et en Tanzanie ne réussissaient pas à passer l'école primaire et que cela était attribuable à leur état nutritionnel. D'autre part, l'apport de petits-déjeuners à des enfants jamaïcains était associé à une amélioration de la performance des écoliers malnutris qui en bénéficiaient (202). En comparant les performances scolaires d'écoliers nigériens en fonction de leur alimentation, Abidoye et al (203) ont trouvé que la performance des écoliers bien nourris était significativement plus élevée que celle des écoliers malnutris ou sous-alimentés. Même aux États-Unis, plusieurs études démontrent le lien entre une alimentation inadéquate des écoliers et leurs faibles rendements scolaires, que ce soit lié à un développement cognitif inadéquat, à des troubles psychologiques ou tout simplement à l'absentéisme dû à la fragilité de leur santé (204-207). Au Burkina Faso, l'évaluation du programme de cantines scolaires du CRS (*Catholic Relief Services*) à l'échelle nationale a montré que, dans 5 des 8 provinces étudiées, l'assiduité scolaire, le taux de réussite et la rétention des élèves étaient meilleurs dans les écoles avec cantines scolaires que dans les écoles appariées sans cantine scolaire (208).

En introduisant l'HPR dans des écoles du Burkina Faso au travers des cantines scolaires, le projet HPR II entendait fournir aux écoliers de ces écoles un apport alimentaire supplémentaire sous forme d'HPR dans un contexte de malnutrition chronique et d'insécurité alimentaire (209), même s'il s'agissait d'abord et avant tout d'augmenter leurs apports en VA, stimulateur des défenses immunitaires (14, 81). En stimulant les défenses immunitaires des écoliers, la VA participe à leur meilleure santé et contribue à réduire les absences pour maladie. Outre les aspects du rendement scolaire, les

interventions nutritionnelles en milieu scolaire sont parmi celles qui ont le meilleur rapport coût-efficacité, en termes d'années de vie et de santé gagnées, selon la Banque Mondiale (22).

1.6.2. L'école point d'entrée des programmes de santé et de nutrition au sein des communautés

Selon les programmes intégrés « Écoles en santé », l'école permet d'atteindre non seulement les élèves, mais aussi les professeurs, les parents et la communauté toute entière (210-212). En matière de nutrition plus spécifiquement, l'école offre de nombreuses opportunités : l'enseignement formel, le jardinage, les repas et cantines, ainsi que les multiples interactions avec les parents et autres membres des communautés. La cantine, en particulier, suppose la collaboration de plusieurs partenaires et joue un rôle primordial dans l'apprentissage de l'alimentation des enfants, comme pour l'amélioration de leur santé et état de nutrition. D'après les résultats de plusieurs études (23-26), l'éducation nutritionnelle contribue à améliorer les connaissances et les habitudes alimentaires des écoliers mais, au-delà, ce sont les habitudes alimentaires de toute la famille qui peuvent s'en trouver changées.

Chapitre 2 : Contexte de l'étude d'impact de l'intervention scolaire axée sur l'HPR

2.1. Situation alimentaire, nutritionnelle et socio sanitaire du Burkina Faso

2.1.1. Situation alimentaire et nutritionnelle

La situation alimentaire est caractérisée par une disponibilité énergétique de 2300 kcal par jour, les céréales, denrées de base, en fournissant 75% (sorgho, maïs, riz, petit mil) (213). Ces ressources alimentaires sont tributaires des récoltes, qui sont elles-mêmes influencées par une pluviométrie mal répartie dans le temps et dans l'espace, et par une irrigation encore embryonnaire. D'une saison à l'autre, ou au cours de la même saison dans des régions différentes, la situation alimentaire peut subir d'importantes variations. Ceci est corroboré par les résultats de l'Enquête Démographique et de Santé au Burkina Faso (EDSBF-II) (209) qui montre que près de la moitié (45%) de la population est dans l'impossibilité de se procurer une ration alimentaire minimale et donc vit dans l'insécurité alimentaire chronique, qui affecte particulièrement les ménages agricoles des zones rurales, particulièrement les pauvres. À cette situation chronique s'ajoute une insécurité alimentaire saisonnière au moment de la jonction entre deux récoltes, période de « soudure » qui correspond aussi à la période des durs travaux agricoles.

La situation nutritionnelle évaluée à partir des données anthropométriques relevées lors de la dernière enquête EDSBF-II (209) n'est guère meilleure, bien que ces données aient été collectées en saison de relative abondance. En effet, plus du tiers (37%) des 3791 enfants de moins de 5 ans qui ont participé à cette enquête présentaient un retard de croissance (taille pour âge inférieure à -2.0 E.T. par rapport à la population de référence). Les enfants de la tranche d'âge comprise entre 6 et 23 mois sont les plus atteints, 25% d'entre eux étant en retard de croissance contre 7% des moins de 6 mois. Ces résultats sont révélateurs d'une situation alimentaire et nutritionnelle préoccupante,

aggravée par une paupérisation croissante de la population: en effet 61.1% de la population vivrait en deçà du seuil de pauvreté absolue de 1\$/jour (214).

2.1.2. Situation sanitaire

La situation sanitaire est caractérisée par un fort taux de mortalité des moins de 5 ans, estimé en 2003 à 207 p 1000 (215). Cette situation est encore plus défavorable pour les enfants des zones rurales et de familles peu instruites ou à faible revenu.

Parmi les principales causes de cette mortalité élevée, on compte les infections des voies respiratoires, les maladies diarrhéiques et le paludisme, les carences infra-cliniques en micronutriments et la malnutrition protéino-énergétique qui, selon l'analyse de « Profiles » (216), serait responsable de 51% de l'ensemble des décès. Les estimations de l'UNICEF font état d'un taux de mortalité maternelle de 1000 p 100 000 naissances vivantes (215).

2.1.3. La carence en vitamine A

Des statistiques du Ministère de la santé, sur la base d'indicateurs cliniques comme la cécité nocturne et les cas de xérophtalmie déclarés par les agents de santé, faisaient état en 1986 d'une prévalence d'avitaminose A de 1.7% chez les enfants de 2 à 10 ans dans 6 provinces de la zone nord du pays: ces données sont cependant déjà anciennes et incomplètes puisqu'uniquelement fondées sur les signes cliniques de la carence, et seulement parmi les enfants fréquentant le système de santé. Une enquête réalisée en 1996 donne des prévalences d'héméralopie de 3% à 4.5% chez les enfants des provinces du Yatenga, du Sourou et du Passoré (Ministère de la Santé 1986).

L'analyse de *Profiles* en 2000 estimait que cette carence affectait 34% des enfants de moins de cinq ans, et qu'elle serait la cause de 20% de la mortalité infanto juvénile (216).

Plus récemment, au cours de la phase pilote du projet Huile de Palme Rouge, l'utilisation de la Chromatographie Liquide à Haute Performance (CLHP) pour le dosage de la rétinolémie a permis de montrer une prévalence de la carence en VA de 84.5% et de 61.8% respectivement chez des enfants de moins de 5 ans et chez les mères dans la

région de Kaya (centre-nord du pays). La carence en VA est un problème de santé publique au Burkina Faso (92) et face à cette situation, trois stratégies complémentaires de lutte en vigueur depuis 2001, ont été intégrées au Plan National d'Action pour la Nutrition (PNAN) et au plan décennal de santé. La première stratégie porte sur les campagnes de supplémentation, basées sur la distribution bisannuelle à grande échelle de fortes doses de VA sous forme de capsules aux enfants de moins de 5 ans. Ainsi, depuis 2001, les Journées Nationales de Micronutriments (JNM) offrent une deuxième occasion annuelle, en plus de celle combinée aux Journées Nationales de Vaccination (JNV) contre la poliomyélite, de mettre à la disposition des moins de 5 ans des capsules de vitamine A, avec toutefois d'énormes difficultés organisationnelles.

La deuxième stratégie, qui concerne l'enrichissement d'aliments vecteurs, est en train de prendre forme avec le soutien de la deuxième phase du projet Helen Keller International (HKI). Le sucre, l'huile, et les cubes de bouillon sont les trois produits industriels qui pourraient être enrichis au niveau régional, intégrant le Mali, le Burkina Faso et le Niger. La troisième stratégie concerne la DA. Il faut noter toutefois que cette stratégie est encore peu développée, comme ailleurs dans la région ouest-africaine. Des actions spécifiques de DA destinées à la lutte contre les carences en micronutriments ne se retrouvent que dans le volet santé scolaire qu'animent certaines ONG et organisations internationales (Cathwell, Save the Children, HKI et UNICEF). Les sources animales de VA, quand elles sont disponibles, ne sont financièrement accessibles que pour une faible minorité des populations exposées. Les feuilles vertes sont largement consommées et représentent une source de VA, mais dont la biodisponibilité est faible (52, 217).

2.3. Projet Huile de Palme rouge pour la vitamine A au Burkina Faso

2.3.1. Phase pilote du projet

La phase pilote du projet, élaboré et dirigé par le Département de Nutrition de l'Université de Montréal (Hélène Delisle), a été conduite de 1999 à 2002 en partenariat avec l'Association Burkinabé d'Économie Sociale et Familiale (ABÉSF), agence d'exécution sur le terrain, et avec des institutions de recherche - l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé (IRSS) du Burkina Faso et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) de Montpellier (France). Sa réalisation a été rendue possible grâce au financement d'Initiative Micronutriments du Canada. L'enjeu du projet pilote au plan national était de mettre à l'épreuve une approche alimentaire endogène potentiellement importante pour la lutte contre la carence en VA, avec la vision à moyen et long terme qu'elle puisse prendre la relève de la distribution universelle et gratuite de capsules de VA pour une prévention pérenne de la carence.

L'HPR a été choisie comme élément de cette stratégie parce qu'il s'agit de la source végétale la plus élevée en caroténoïdes provitaminiques A, parce que c'est en même temps une source de lipides indispensables pour une absorption optimale des carotènes et, enfin, parce que le potentiel de production de l'HPR au Burkina Faso est réel et encore inexploité, sans oublier que l'extraction de l'huile est une activité artisanale aux mains des femmes. La biodisponibilité des caroténoïdes provitaminiques A de l'HPR est supérieure à celle des fruits de couleur orangée et des légumes verts (voir section 2.1.3). L'HPR est produite en petites quantités et de façon artisanale dans la partie ouest du Burkina Faso (Orodara, Banfora). Même si sa commercialisation en dehors de la zone de production était infime avant le projet, cela représentait un contexte favorable à un projet pilote sur l'acceptabilité et l'efficacité de cette huile dans une autre zone. C'est dans ce contexte de faisabilité que la zone de Kaya a été choisie pour le projet pilote, en raison des caractéristiques suivantes : des problèmes de carence en VA, une population dense, une facilité d'accès de la zone en toute saison et la disponibilité d'animatrices actives dans plusieurs villages pour la vulgarisation. Signalons que dès le démarrage du projet l'HPR devait être achetée par la population; il n'y avait pas de distribution gratuite.

2.3.1.1. Objectif de la Phase pilote

L'objectif de ce projet pilote était de démontrer qu'il était possible d'améliorer l'apport et le statut en VA des groupes cibles que sont les femmes et les jeunes enfants, par la consommation d'HPR vendue comme supplément alimentaire dans une zone qui n'avait pas l'habitude de consommer cette huile.

2.3.1.2. Les activités de la phase pilote

Les activités qui ont été conduites pendant la phase pilote s'articulaient autour de 3 axes, à savoir :

- La promotion de l'HPR, avec plusieurs actions de formation et de mobilisation sociale
- L'approvisionnement en HPR, le contrôle de sa qualité et sa commercialisation
- Des activités de recherche et d'évaluation

2.3.1.2.1. Promotion de l'Huile de Palme rouge

Afin que les activités de promotion de l'HPR soient conduites de façon éclairée, plusieurs activités de formation ont été menées lors de cette phase pilote. Les animatrices des villages retenus pour la phase pilote ont en effet bénéficié d'une formation dans le but de s'assurer qu'elles comprenaient bien et épousaient les approches du projet, mais aussi pour les familiariser aux techniques de marketing social et de communication persuasive, puisqu'elles étaient les représentantes de première ligne du projet auprès des populations concernées. Des femmes volontaires de chaque village d'intervention ont également bénéficié d'une formation sur la vente au détail de l'HPR, les manipulations hygiéniques et la gestion.

En s'appuyant largement sur le marketing social, la promotion de l'HPR a été menée dans 11 sites (10 villages et un secteur urbain). La population que couvrait cette phase pilote était estimée à 1.3 million d'individu. La promotion de l'HPR était assurée dans chaque site par une animatrice villageoise appartenant à l'Association Burkinabé d'Économie Sociale et Familiale (ABÉS F). Les animatrices étaient en charge de l'ensemble des activités locales de promotion de l'HPR et travaillaient de concert avec la

coordinatrice nationale du projet. Au nombre des activités de promotion de l'HPR, on peut citer :

- Un concours inter-villages de vente de l'HPR qui a eu lieu durant l'année 2000 et qui avait pour but de stimuler la consommation de l'HPR. A l'issue de ce concours, une hausse des ventes d'HPR avait été constatée, mais d'intensité variable selon les sites et de pérennité également variable;
- La participation du projet aux activités du district sanitaire, à savoir la jonction des animatrices du projet aux campagnes de vaccination combinées à la distribution de capsules de VA, leur permettant de faire en même temps la promotion de l'HPR. Ceci avait permis lors des Journées Nationales de Vaccination (JNV) d'atteindre plus de 3600 adultes par les messages de promotion de l'HPR;
- Des séances de sensibilisation des populations par les animatrices et l'utilisation par celles-ci de boîtes à images développées pour les besoins du projet;
- La présentation d'une pièce de théâtre, suivie de discussions (théâtre forum) par des écoliers dans chacun des sites du projet. Lors des discussions, certaines femmes ont témoigné de la disparition de la cécité nocturne chez elles-mêmes ou chez leurs enfants, suite à la consommation de l'HPR. Cette activité, qui a touché 1791 personnes, était particulièrement appréciée;
- Les démonstrations de bouillies de complément pour nourrissons enrichies avec l'HPR qui ont connu une forte affluence (voir la composition de ces bouillies à l'annexe 3);
- La diffusion radiophonique de spots radio plusieurs fois par jour entre fin 2000 et mars 2001. Les messages des spots avaient été au préalable pré-testés auprès de groupes de femmes. En outre, une émission d'une heure sur le projet a été diffusée 5 fois sur les ondes durant l'année 2000;
- La réalisation avec les femmes des villages d'intervention de l'exercice de « l'arbre aux solutions », lequel consiste à identifier diverses façons d'augmenter la consommation d'aliments sources de VA, en plus de l'HPR;
- L'élaboration participative du calendrier de disponibilité locale des aliments sources de VA. En collaboration avec les femmes, une liste d'aliments sources potentielles de VA a été dressée. Ce calendrier a notamment permis de promouvoir les aliments sources de VA au bon moment dans l'année;

- Il y a eu enfin un séminaire atelier tenu en septembre 2001, qui a rendu compte à un large auditoire des réalisations de cette phase pilote, permettant aussi de discuter des perspectives. Ces discussions ont aidé à la conception de la phase 2 du projet (2002-4).

2.3.1.2.2. Approvisionnement et commercialisation de l'HPR

L'approvisionnement des sites pilotes en HPR était assuré par le projet. Un agent d'agriculture, correspondant du projet dans la province du Kéné Dougou (à Orodara), veillait au ramassage auprès des productrices des quantités d'HPR nécessaires pour l'année pendant la saison de production, puis l'huile était acheminée à Kaya où le stockage était également assuré par le projet.

La vente au détail de l'HPR était entre les mains de comités de gestion et de vendeuses préalablement formés dans chacun des sites du projet pilote; les prix de vente fixes permettaient aux comités de dégager un petit bénéfice.

2.3.1.2.3. Les activités de recherche et d'évaluation

Les activités de recherche ont été accompagnées d'une formation technique à la méthodologie de dosage de la VA et des caroténoïdes par Chromatographie Liquide à Haute Performance (CLHP), regroupant des cadres et techniciens de laboratoires de différentes structures scientifiques du Burkina Faso, intéressés par cette technique.

La recherche évaluative de la phase pilote du projet qui portait sur les résultats et sur l'impact du projet a fait l'objet du Doctorat^a du Dr Noël Zagré (218), dirigé en co-tutelle par l'Université de Montréal et l'Université Montpellier II en France. Plusieurs articles ont également été publiés et les principaux résultats sont présentés dans la sous-section 1.5.2. En outre, le projet pilote a permis la réalisation d'un mémoire de M.Sc.^b en Nutrition de l'Université de Montréal par P. Codja, ainsi qu'un mémoire de Maîtrise es Sciences et Techniques de l'Université de Ouagadougou^c par JB. Mabondzo.

^aProjet pilote d'introduction de l'huile de palme rouge non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso : Evaluation de l'impact

^bRapport de travaux réalisés dans le cadre du projet pilote "Huile de Palme Rouge non raffinée pour la vitamine A au Burkina Faso" : Contrôle de qualité de l'huile de palme non raffinée et protocole d'étude chez les femmes allaitantes. Université de Montréal, 2000

^cEtude sur la stabilité de la qualité de l'huile de palme rouge. Université de Ouagadougou, 2000

2.3.2. Phase II du projet Huile de Palme Rouge.

2.3.2.1. Raison d'être d'une Phase II

Parmi les principales raisons qui ont motivé cette phase II du projet HPR (219), on peut retenir :

- Le potentiel de l'HPR comme la source végétale la plus riche en VA, dont l'efficacité clinique a été démontrée à plusieurs reprises chez les femmes allaitantes comme chez leurs enfants (119, 121, 220).
- La phase II par le biais de l'éducation nutritionnelle, de la valorisation et du renforcement d'une ressources alimentaire locale de VA, s'inscrit dans les politiques et plans d'actions du Burkina Faso.
- Les évaluations des résultats (198, 199) et de l'impact (6) réalisées lors de la phase I du projet, montrent qu'en situation d'achat et de consommation volontaire d'HPR, il est possible d'améliorer les apports et le statut en VA chez les enfants de moins de 5 ans et leurs mères.
- La nécessité de passer à une autre échelle, l'importance d'un appui à la filière HPR et de l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires.

2.3.2.2. Objectifs de la Phase II

Trois objectifs généraux étaient poursuivis par le projet à savoir :

1. Poursuivre l'amélioration de la nutrition en VA des femmes et des enfants par le biais de l'HPR au moyen d'actions d'intensité variable au niveau des communautés et d'écoles de cinq provinces du Burkina Faso à haut risque de carence en VA. À ce premier objectif général correspondaient trois sous objectifs :

- Intensifier l'utilisation de l'HPR comme complément alimentaire de VA par les mères et enfants d'âge préscolaire du Département de Kaya, par des actions de promotion au niveau de 15 communautés rurales, en plus des 11 sites de la phase I, représentant une population cible de plus de 20 000 femmes et jeunes enfants;

- Améliorer la nutrition en VA des écoliers et autres groupes cibles, par le biais de l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires, dans le Département de Kaya et dans deux autres provinces (Gnagna et Gourma), pour un total de 61 écoles et près de 8000 enfants ciblés:

- Promouvoir l'HPR en conjonction avec les Journées Nationales de Micronutriments (JNM) et les Journées Nationales de Vaccination (JNV) dans 5 provinces.

2. Assurer la disponibilité de l'HPR par le renforcement du système de production dans la zone ouest et par l'organisation de la commercialisation par des groupements de femmes dans 5 provinces de l'est et du centre est du Burkina Faso. Trois sous objectifs se dégagent de ce deuxième objectif général :

- Améliorer les structures et techniques de production de l'HPR par les femmes;

- Implanter un comptoir ou marché relais pour la vente en gros d'HPR, géré par un groupement de femmes, au niveau du chef-lieu de chacune des 5 provinces touchées par le projet;

- Articuler la production, le transport et la distribution de l'HPR par la concertation des partenaires.

3. Intégrer l'HPR dans la stratégie globale VA du Burkina Faso, à savoir :

- Associer la promotion de l'HPR aux actions vitamine A des secteurs santé et éducation (sous l'objectif général 1).

- Pérenniser l'approche HPR en renforçant le système de production et commercialisation (sous l'objectif général 2).

- Associer au projet les divers acteurs impliqués dans les actions VA

- Appliquer un modèle d'évaluation complet et adapté aux approches de DA

- Élaborer un plan et des actions de plaidoyer ciblant les acteurs prioritaires.

2.3.2.3. Activités de la phase II

Durant la phase II, le projet a atteint cinq provinces affectées par la carence en VA à divers degrés. Ces 5 provinces sont le Bam, le Namentenga, la Gnagna, le Gourma et le Sanmatenga (voir la carte administrative du Burkina Faso à l'annexe 2). La population cible du projet était d'environ 1.3 million de personnes. Le projet prévu pour être mené

entre juillet 2002 et octobre 2004 a bénéficié d'une prolongation jusqu'en décembre 2004. Les principaux bailleurs de fonds ont été Initiative Micronutriments du Canada et l'Unicef-Burkina Faso pour le volet scolaire. Des appuis ponctuels ont été apportés par l'AIEA, l'IRD et HKI.

Les cinq provinces touchées par les activités du projet sont subdivisées en trois niveaux d'intervention en fonction de l'intensité des activités menées dans la province. La province du Sanmatenga était une zone d'intensité élevée, tandis que le Gourma et la Gnagna représentaient des zones d'intensité intermédiaire, avec l'intervention scolaire. Enfin la dernière zone, d'intensité minimale, était représentée par les provinces du Bam et du Namentenga. Chaque niveau d'intensité regroupait un certain nombre d'activités bien ciblées, comme le résume le tableau II.

Tableau II : Intensité de l'intervention dans les 5 provinces touchées dans la phase II

Provinces	Gourma	Gnagna	Bam	Namentenga
Intensité d'intervention	Intermédiaire		Minimale	
Activités				
Promotion rapprochée au niveau des populations				
Introduction de l'HPR dans les écoles	▼	▼		
Implantation d'un comptoir provincial de vente en gros de l'HPR	▼	▼	▼	▼
Création et organisation d'un réseau de vente au détail	▼	▼	▼	▼
Promotion de base (radio+ canal des JNM- JNV)	▼	▼	▼	▼

La promotion « rapprochée » de l'HPR ne concerne que le Sanmatenga et comprend deux séries de sites:

- Les 11 sites du Département de Kaya (10 villages et un secteur urbain) déjà ciblés par des activités promotionnelles lors de la phase pilote du projet;
- Les nouveaux sites, soit 15 « nouveaux villages » du Département de Kaya, lesquels ont été sélectionnés parce qu'ils possédaient une école avec cantine pour

l'introduction de l'HPR. Une journée HPR et d'autres activités de promotion ont été organisées par les animatrices.

Pour les activités de base de promotion de l'HPR, la diffusion de spots radio et la jonction aux JNV-JNM de la promotion de l'HPR par les animatrices ont été effectuées dans les 5 provinces de la phase II.

Pour ce qui est de l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires, dont l'évaluation constitue l'objet de la présente étude, elle escomptait outre l'amélioration des apports des écoliers en VA, servir de levier à l'adoption de l'HPR par les communautés. Le volet scolaire a intéressé trois provinces, le Sanmatenga, la Gnagna, le Gourma. Dans le Sanmatenga et la Gnagna, l'HPR a été introduite comme complément pour enrichir les repas servis dans les cantines scolaires des écoles concernées à raison de 15 ml d'HPR dans chaque plat d'écolier, 3 fois par semaine pendant l'année scolaire concernée. Dans le Gourma (Fada), comme les cantines scolaires n'étaient pas opérationnelles au moment du démarrage de l'intervention scolaire, l'HPR a été ajoutée à des goûters servis aux écoliers trois fois par semaine (voir les recettes à l'annexe 3). Ces goûters étaient préparés avec des mets locaux et selon des recettes locales. La mise au point a été faite par l'ABÉSF.

L'implantation d'un comptoir de vente en gros de l'HPR dans chacune des cinq provinces a permis de rendre disponible l'HPR aux groupements de vente au détail. Les animatrices provinciales ont été chargées avec la coordonnatrice nationale d'identifier les groupements susceptibles de prendre en charge le comptoir provincial de vente en gros de l'HPR. Chaque groupement était géré par un comité de gestion. Ces comptoirs devenaient fonctionnels en février 2003.

La création et l'organisation du réseau de vente au détail de l'HPR à partir du comptoir de vente en gros a été un moyen de rendre disponible l'HPR auprès des populations des zones d'intervention. Cette activité a pu se réaliser grâce au dynamisme des animatrices provinciales et des animatrices des 15 nouveaux villages de Kaya. Les groupements de femmes avec leur comité de gestion étaient les relais de la vente au détail de l'HPR. Pour plus de précision, les détails sur les activités de cette phase II sont décrites dans le document de projet de la deuxième phase du projet (219).

Chapitre 3 : Hypothèses, Objectifs et cadre conceptuel de l'étude

3.1. Hypothèses

Les principales hypothèses de cette étude évaluative sur l'intervention scolaire de la phase II du projet « Huile de palme rouge pour la vitamine A au Burkina » ont été les suivantes :

- ✚ L'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires constituera un apport supplémentaire important en VA pour les écoliers;
- ✚ L'introduction de l'HPR dans les écoles permettra d'améliorer le statut en VA des écoliers d'une façon comparable à celle d'une capsule de VA;
- ✚ L'introduction de l'HPR dans les écoles permettra une meilleure adoption de l'HPR par les ménages.

3.2. Objectifs

3.2. 1. Objectif général

L'objectif général de l'étude était d'évaluer l'impact de l'introduction de l'Huile de Palme Rouge (HPR) dans le milieu scolaire sur le statut en VA des écoliers et sur l'adoption de l'HPR par les ménages.

3.2.2. Objectifs spécifiques

De cet objectif général, quatre objectifs spécifiques découlent :

- ✚ Déterminer l'apport complémentaire de VA que représente l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires;
- ✚ Déterminer l'impact sur le statut en VA des écoliers de l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires;

- ✚ Comparer l'impact, sur le statut en VA des écoliers de la supplémentation médicamenteuse et de l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires;
- ✚ Déterminer la part d'influence de l'introduction de l'HPR dans les écoles sur les connaissances et pratiques des mères à l'endroit de l'HPR.

3.3. Finalité

Cette étude devait permettre d'amener les autorités du Burkina Faso à intégrer l'HPR à la stratégie de lutte contre l'avitaminose A, les résultats de l'évaluation servant à nourrir le plaidoyer en faveur d'une telle politique. Une autre finalité était de voir dans quelle mesure l'intervention en milieu scolaire pouvait être un moyen à même de motiver des changements de comportements alimentaires favorables à la VA dans leurs familles.

3.4. Modèle théorique

Notre modèle théorique présente le plan d'évaluation de l'impact de l'intervention scolaire du projet du point de vue surtout de ses effets nutritionnels et comportementaux. Les principales variables de cette évaluation y sont présentées. Ce cadre conceptuel schématise les principales variables d'intérêt et leurs interrelations. L'impact attendu de la consommation de l'HPR, soit la réduction de la carence en VA, sera évalué auprès d'un échantillon d'écoliers, sur la base du rétinol sérique. La consommation de l'HPR est une variable importante qui sera également mesurée au niveau des écoliers. La consommation d'HPR dépend d'une part de sa présence comme complément alimentaire dans les cantines scolaires et d'autre part de la motivation à l'achat et de son utilisation par les ménages. Cet aspect sera vérifié par les connaissances, attitudes et pratiques vis-à-vis de l'HPR de mères d'écoliers exposés ou non à l'HPR. La consommation de l'HPR non seulement dans les cantines scolaires, mais aussi dans les ménages, en augmentant les apports en VA, devrait conduire à la réduction de la carence en VA. Toutefois, nous ciblons les écoliers pour cette évaluation. La réduction attendue de la carence en VA par l'HPR dans les repas scolaires sera comparée à celle induite par l'administration d'une seule capsule de VA au cours de l'année scolaire.

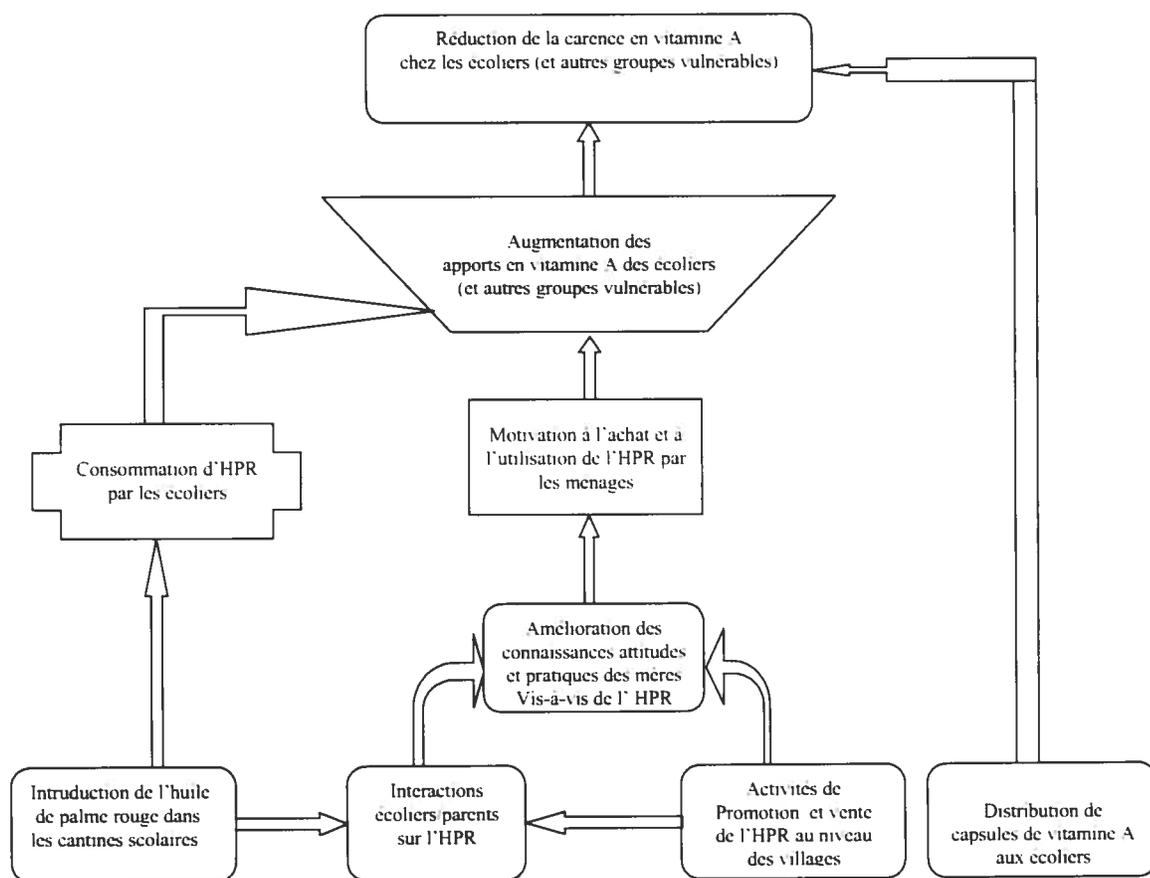


Figure 2 : Cadre conceptuel de l'évaluation de l'intervention scolaire

CHAPITRE 4 : Méthodologie de l'évaluation de l'intervention scolaire

L'évaluation a été menée dans les trois sites d'intervention scolaire – Kaya, Bogandé, Fada -, mais de manière différente. Ce n'est qu'à Bogandé qu'il y a eu des écoles témoins.

4.1. Protocoles d'évaluation de l'intervention scolaire

4.1.1 Protocole d'évaluation à Kaya

Le protocole utilisé à Kaya est de type pré post intervention. Nous avons suivi et évalué des indicateurs avant et après 12 mois d'intervention, au cours de deux passages. Ce protocole est largement admis en recherche évaluative (221). Les données sur l'âge, le sexe, la morbidité récente des écoliers, leur croissance (poids et taille), l'absentéisme et la prise éventuelle d'une capsule de VA dans les mois précédant l'enquête et, enfin, le statut en VA par le taux de rétinol sérique ont été mesurés avant et après l'intervention chez les écoliers sélectionnés dans la population de l'évaluation. La consommation des repas enrichis en HPR a été enregistrée semaine après semaine pour chaque écolier pris individuellement, dès le début de l'intervention.

Les données pré et post intervention ont été collectées chez les mêmes écoliers. Cette option présente l'avantage d'avoir plus de puissance dans les tests statistiques intra-sujets, comparativement à la collecte transversale répétée. L'inconvénient majeur de ce choix est le risque de perdus de vue, qui est un problème toujours présent dans les études longitudinales, surtout quand la période d'intervention est longue. Ces perdus de vue exposent au risque de perte de puissance consécutive à la réduction des effectifs et de biais de sélection car on se demande, en fin d'intervention, si l'échantillon conserve ses caractéristiques de départ du fait des sujets absents. La comparaison des sujets perdus de vue avec ceux qui étaient présents lors de la 2^e enquête permet de tenir compte de cet aspect au moment des analyses.

Sur un total de 25 écoles disposant d'une cantine scolaire et distante de 60 km maximum de Kaya, un groupe cible de 15 écoles a été sélectionné. Les 10 écoles restantes qui sont dans des villages exposés au projet pilote ont été exclues. Les écoles sélectionnées ont été réunies en deux groupes d'intervention. Pour le premier groupe de 8 écoles, l'HPR devait être introduite dans la cantine scolaire dès novembre 2002, et seulement en mars 2003 pour le deuxième groupe de 7 écoles, de manière à comparer l'impact selon la durée d'intervention. Ce protocole initial n'a pas pu être respecté du fait du retard accusé dans l'approvisionnement des écoles en vivres pour la cantine scolaire, faisant en sorte que dans toutes les 15 écoles, l'HPR n'a commencé à être utilisée qu'à partir de mars 2003 (voir figure 3).

L'intervention dans ces écoles a consisté à ajouter de l'HPR aux repas servis à la cantine des élèves (voir annexe 3.3 pour le menu des cantines scolaire) à raison d'une cuillerée de 15 ml d'HPR trois fois par semaine, pendant une durée moyenne de 9 semaines sur une période allant de mars à juin 2003, puis de novembre 2003 à février 2004 après les vacances scolaires. Il faut préciser que de l'huile utilisée pour la cuisson des repas dans toutes les cantines était enrichie en VA à raison de 9 mg de rétinol/kg d'huile.

L'enquête transversale de base, avant l'introduction de l'HPR, a été reconduite une année plus tard à la même date que la première enquête afin de limiter les fluctuations saisonnières dans l'état nutritionnel et le statut vitaminique A.

4.1.2. Protocole d'évaluation à Bogandé

Le protocole utilisé à Bogandé est également de type pré post intervention. Nous y avons collecté les mêmes données qu'à Kaya avant puis après 12 mois d'intervention. Les mêmes raisons que celles développées pour la région de Kaya sont à la base du choix du suivi longitudinal des écoliers.

À la différence de Kaya, le protocole fait intervenir ici la comparaison de 3 groupes d'écoles, à savoir : un premier groupe G_1 (groupe témoin négatif), un deuxième groupe G_2 (groupe capsule VA ou témoin positif), et un troisième groupe G_3 (groupe HPR). L'intervention ici concerne les écoles de la circonscription de Bogandé. Sur la base de la disponibilité d'une cantine scolaire approvisionnée par Cathwell (Catholic Relief

Services) en leur sein. Les 24 écoles de cette circonscription remplissant ces conditions ont été retenues. Ces 24 écoles ont ensuite été réparties de façon aléatoire dans chacun des trois groupes du protocole à raison de 8 écoles par groupe, bénéficiant chacun d'une intervention spécifique (voir Figure 3).

- ❖ Dans le groupe (G₁, « groupe témoin négatif ») de 8 écoles, les écoliers ont reçu uniquement les repas normaux de la cantine scolaire (voir la composition en annexe 3) durant toute l'année scolaire 2003-2004, soit de novembre 2003 à juin 2004.
- ❖ Dans le deuxième groupe (G₂, « groupe capsule ») de 8 écoles, en plus de la cantine scolaire régulière durant toute l'année scolaire 2003-2004, les écoliers ont reçu chacun à la fin de l'année scolaire, soit en juin 2004, une capsule de VA dosée à 200 000 UI (60 mg).
- ❖ Dans le troisième et dernier groupe (G₃, « groupe HPR ») de huit écoles, les repas de la cantine scolaire ont été enrichis de 15 ml d'HPR par écolier à raison de 3 repas enrichis par semaine pendant une moyenne de 17 semaines sur la période allant de novembre à juin 2004.

À Bogandé comme à Kaya, l'huile utilisée pour la cuisson des repas dans toutes les cantines était enrichie en VA à raison de 9 mg de rétinol/kg d'huile.

Les enquêtes ont été menées en novembre 2003 et une année plus tard à la même date, en novembre 2004

En outre, à Bogandé, des mères d'écoliers de 6 villages, à savoir trois villages abritant des écoles « témoins négatifs » et trois villages abritant des écoles HPR, ont été interviewées au cours de l'enquête finale en novembre 2004. Tous ces villages disposaient de comptoirs de vente d'HPR. L'interview avait pour objectif non seulement d'évaluer les connaissances, attitudes et pratiques (CAP) de ces mères à l'égard de l'HPR et de la cécité nocturne, mais aussi d'évaluer la consommation d'HPR dans leur ménage selon les deux types d'exposition aux activités du projet HPR – comptoir de vente seulement ou combiné à l'intervention scolaire.

4.1.3. Protocole d'évaluation à Fada

A Fada, l'évaluation n'a porté que sur le processus et non sur l'impact en raison du nombre réduit d'écoles. En effet, les huit écoles retenues pour l'intervention HPR étaient celles qui bénéficiaient déjà d'un projet de jardinage scolaire et communautaire conduit par HKI/UNICEF. C'était là une excellente occasion d'intégrer les activités du projet HPR dans celles d'autres institutions, dans une approche globale de DA, impliquant le rôle actif des populations concernées. Parmi les huit écoles, il y avait sept écoles satellites et une école mère. Les écoles satellites sont des écoles à base communautaire installées dans les villages n'ayant pas encore d'écoles primaires classiques. Elles comprennent uniquement les trois premières années. Le plus souvent ce sont des enfants plus âgés qui n'ont pas été recrutés dans les écoles classiques qui y sont admis. Les écoles mères sont celles où sont potentiellement référés les écoliers des écoles satellites après leur troisième année de scolarité. Dans ces écoles, les cantines scolaires n'étaient pas encore opérationnelles au moment de démarrer l'intervention HPR. Les parents d'écoliers ont été mis à contribution pour la fourniture de vivres locaux devant servir à préparer des goûters (voir les recettes standardisées par l'ABÉSF à l'annexe 3) qui ont été enrichis avec 15 ml d'HPR par plat d'écolier. Trois goûters enrichis par semaine ont été servis de mars à juin 2003 et de novembre à février 2004. La consommation de goûters enrichis par les écoliers a été suivie au moyen de fiches de présences tenues dans chaque école par un enseignant désigné comme responsable. L'effort des parents d'élèves dans l'approvisionnement en vivres dans les différentes écoles a été soutenu par UNICEF Burkina Faso qui, en mai 2003, a fait don de 7 tonnes de vivres aux écoles, par l'intermédiaire du projet HPR.

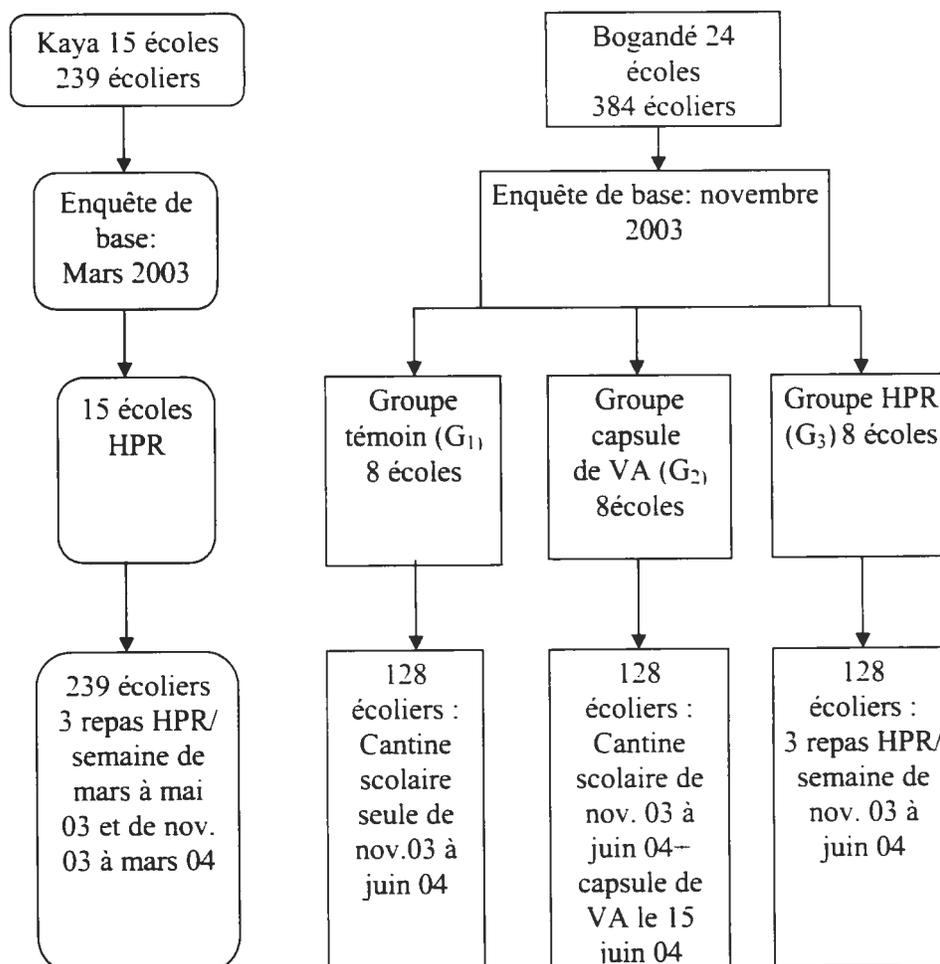


Figure 3 : Protocole de l'évaluation de l'impact à Bogandé et Kaya

4.2. Population d'étude

La population d'étude était constituée à Kaya des écoliers des 15 écoles incluses dans l'intervention HPR, soit environ 2500 écoliers lors de l'enquête de base.

À Bogandé, c'est l'ensemble des écoliers des 24 écoles incluses dans l'intervention HPR, soit lors de l'enquête de base environ 3356 écoliers, qui étaient la population d'étude. Outre les écoliers des 24 écoles, les mères des écoliers des 6 villages retenus pour l'enquête CAP constituaient une deuxième population d'étude.

À Fada N'Gourma, les écoliers des 8 écoles incluses dans l'intervention HPR représentaient la population d'étude. Il s'agit d'une population d'environ 1600 écoliers lors de l'enquête de base. Il faut toutefois rappeler que l'évaluation d'impact ne concerne pas les écoles de Fada N'Gourma.

4.3. Échantillonnage

4.3.1 Sélection des écoles

4.3.1.1 Sélection des écoles à Kaya

Les 15 écoles du Département de Kaya ayant bénéficié de l'intervention HPR étaient celles qui disposaient d'une cantine scolaire approvisionnée par Cathwell et qui n'étaient pas situées dans les villages de la phase pilote. Les écoliers de ces différentes écoles représentent la population source pour l'étude de l'impact du projet. Les écoles étaient celles des villages de Oualga, Damesma, Dem. Delga, Konkin, Sian, Bangassé, Damané, Toécé, Sanrogo, Kalambaogo, Fourra, Silga-Rasla et Napalgué. Il faut toutefois préciser que les écoles des village de la phase pilote ont bénéficié par la suite de l'enrichissement de leur cantine avec l'HPR.

4.3.1.2. Sélection des écoles à Bogandé

Les 24 écoles de la circonscription scolaire de Bogandé bénéficiant d'une cantine opérationnelle approvisionnée en vivres par Cathwell ont été retenues. Ces écoles ont

ensuite été subdivisées au hasard en 3 groupes de 8 écoles pour répondre aux exigences du protocole (décrit dans le paragraphe 4.1.2). Ces écoles étaient pour :

- ❖ le premier groupe (G_1) de 8 écoles, les suivantes : Nagaré, Ouadangou, Babri, Kohoura, Diaka, Banikidi, Kankalsi, Kierguin.
- ❖ le deuxième groupe (G_2) de 8 écoles: Bogandé A, Bogandé B, Kossougoudou, Nindangou, Komoassi, Thiéri, Thion, Balemba.
- ❖ le troisième et dernier groupe (G_3) de 8 écoles : Bogandé C, Bogandé D, St Pierre, Léoura, Samou, Kodjéna, Tipoli, Ognoadéni.

4.3.2. Sélection des écoliers

4.3.2.1 Taille de l'échantillon

La taille de l'échantillon à Kaya et à Bogandé a été calculée en se fondant sur les mêmes considérations. En effet, la détermination des tailles des échantillons s'est faite sur la base des données existantes sur le statut en VA chez les écoliers de 6 à 12 ans du Niger qui indiquaient une prévalence des faibles taux de rétinolémie de 45.5% (142). Ces données sont comparables à celles trouvées au Burkina Faso lors d'une petite étude réalisée auprès de 75 écoliers avec une moyenne d'âge de 8 ans, qui montrait une prévalence de 48.7% de faibles taux de rétinol sérique (communication personnelle du Dr Zagré). Pour une puissance statistique de 80% et un seuil alpha de 0.05, et en considérant un suivi des mêmes enfants durant toute l'intervention, un échantillon de 10 écoliers par école sur la base d'un effectif minimal de 80 écoliers dans l'échantillon d'ensemble permettait de détecter une différence statistique de 20% dans la proportion des faibles taux de rétinol sérique entre les deux moments d'enquête, à un an d'écart.

L'hypothèse d'une baisse de 20% de la prévalence des faibles taux de rétinol est également basée sur celle observée dans l'étude au Niger (142), où le rétinol des écoliers a été mesuré avant et après qu'ils aient été soumis à divers suppléments de feuilles vertes. Cette étude avait permis d'observer une baisse de la prévalence du faible taux de rétinol sérique de 53% avant supplémentation à 30% après, soit une baisse de 23%. S'attendre à une baisse de 20% était une prévision conservatrice avec l'HPR, d'autant plus que la période de supplémentation était plus longue qu'au Niger.

Le nombre de 10 écoliers par école a été majoré à 16 de manière à en retrouver au moins 10 lors du 2^{ème} passage. Par ailleurs, une pondération du nombre d'écoliers par école a été faite pour prendre en compte l'effectif de chaque école. Dans chaque école, une fois le nombre d'écoliers connu, une deuxième pondération permettait de sélectionner les écoliers en tenant compte de l'effectif par promotion.

À Kaya, un effectif de 239 écoliers a été retenu pour l'évaluation d'impact, pondéré pour chacune des 15 écoles incluses dans l'étude. À Bogandé, un effectif total de 384 écoliers a été retenu pour l'évaluation d'impact. Cet effectif a été divisé de façon systématique et équitable pour les trois groupes d'écoles de sorte que dans chaque groupe 128 écoliers étaient retenus. Mais dans chaque groupe la sélection des écoliers tenait compte de l'effectif de chaque école.

4.3.2.2 Critères d'inclusion et d'exclusion

Pour être sélectionné dans une école retenue dans l'étude, l'écolier devait être effectivement inscrit dans la liste de ladite école au moment du recrutement. Afin de conserver la chance de retrouver les mêmes écoliers à la fin de l'intervention, les écoliers du Cours Moyen deuxième année (CM2), qui théoriquement devraient se retrouver au lycée une année plus tard, ont été volontairement exclus de la sélection.

4.3.3. Sélection des ménages pour l'enquête de Bogandé

La taille de l'échantillon des mères était prédéfinie par celle des écoliers retenus dans l'échantillon de l'évaluation d'impact. Les villages de Nagaré, Ouadangou et Diaka ont été tirés au sort pour le « groupe témoin », les villages de Bogandé C, Bogandé D et Léoura pour le « groupe HPR ». Un comité de gestion pour la vente d'HPR au niveau du village avait été implanté par le projet dans chacun de ces sites. Dans ces 6 villages/écoles concernés par l'enquête auprès des ménages, 101 écoliers étaient inclus dans l'échantillon des écoliers, si bien que l'échantillon des mères devrait compter 101 mères. Étant donné que 11 mères avaient chacune deux enfants retenus dans ces écoles, le nombre des mères a été de 90.

4.4. Variables à l'étude et méthodes de mesure

4.4.1. Variables dépendantes

La principale variable dépendante de l'étude était le rétinol sérique des écoliers. D'emblée, il faut reconnaître que le choix de cette variable comme indicateur du statut en VA des écoliers n'est pas sans inconvénient, dont le plus important est sa faible spécificité. Ces aspects ont été abordés dans une section antérieure (voir paragraphe 1.2.2.2). Cependant, cet indicateur est le moins cher et le plus adapté sur le terrain, surtout dans le cas de cette étude qui, en plus d'inclure un important effectif, se déroule dans des zones éloignées de centres disposant des équipements permettant de s'orienter vers les indicateurs des réserves de l'organisme (RRD), ou vers la méthode encore plus difficile que constitue la dilution isotopique. D'autre part, il est admis que la distribution du rétinol sérique au sein constitue une bonne information pour évaluer le statut en VA de populations ou pour évaluer les programmes d'intervention (27, 89, 100). Cette variable a été considérée dans cette étude à la fois comme une variable continue (teneur moyenne) et catégorielle (prévalence des faibles rétinolémies). Sur la base des seuils établis par l'OMS (89), les écoliers ont été classés en trois catégories : i) écoliers à statut normal pour les teneurs $> 0,7\mu\text{mol/l}$ de rétinol sérique; ii) écoliers carencés pour les teneurs $< 0,7\mu\text{mol/l}$ de rétinol sérique; iii) écoliers très carencés pour les teneurs $< 0,35\mu\text{mol/l}$ de rétinol sérique. Afin de juger de l'impact de l'intervention il était important de disposer de cette donnée à l'enquête de base avant l'adjonction de l'HPR ou la prise de capsule de VA.

L'apport en VA issu des repas enrichis en HPR et la prise de la capsule de VA étaient deux variables intermédiaires de l'étude. L'apport en VA par l'HPR a été calculé sur la base du nombre de repas enrichis avec l'HPR consommé par chaque écolier, sachant que les dosages effectués dans le cadre de l'étude établissaient que $1\text{ ml d'HPR}=100\mu\text{g EAR}$ (193). Pour la capsule de VA, le dosage standard était de $200\,000\text{ UI}$ (60 mg ou $60.000\mu\text{g EAR}$).

À Bogandé, les données CAP des mères d'écoliers vis-à-vis de l'HPR, de l'intervention scolaire dans ses différentes composantes et de la cécité nocturne ont été d'autres variables intermédiaires mesurées dans le cadre de cette étude. Les données nécessaires

pour construire ces variables ont été collectées lors d'une interview de ces mères au cours du deuxième passage dans les écoles de Bogandé concernées. Les connaissances correspondent au niveau d'informations détenues ou acquises par ces mères sur la carence en VA, l'HPR et les messages du projet. Les attitudes indiquent leur perception et leur position vis-à-vis des messages délivrés par le projet. Les pratiques traduisent les actes concrets d'achat d'HPR, influencés par les connaissances et les attitudes, mais aussi certainement par d'autres facteurs comme le revenu.

4.4.2. Variables indépendantes

Il y a d'abord les principales variables que sont l'enrichissement en HPR des repas, et la prise de la capsule de VA, puis viennent les variables liées à l'écolier, à savoir l'âge, le sexe, son absentéisme et son état de santé apprécié par l'existence et la durée d'un état morbide au cours des quinze derniers jours avant l'enquête. Les données anthropométriques ont été le poids et la taille des écoliers, mesurés à chaque passage. Les valeurs des indices anthropométriques exprimées en cote-Z et les proportions des écoliers selon le seuil de cote-Z de -2.0 ET correspondant à un déficit de poids ou de taille ont été utilisées dans les analyses. Les informations sur la prise de capsules de VA par l'écolier à l'occasion des campagnes de supplémentation ont été traitées pour distinguer ceux qui en avaient reçu le supplément dans les six mois avant l'enquête de base et ceux qui n'en avaient pas pris.

En ce qui concerne les mères, il s'agissait de leur âge, leur niveau d'instruction, leur(s) activité(s) génératrice(s) de revenus éventuelles et les antécédents de cécité nocturne. Les variables se rapportant aux ménages étaient le type d'habitat, les commodités qui y sont disponibles, l'âge du chef de ménage, son activité principale et son niveau d'instruction.

4.4.3. Méthodes et outils de mesure

4.4.3.1. Rétinol sérique

Le dosage du rétinol sérique est intervenu dans un délai maximum d'un mois après le prélèvement des échantillons de sang. Plusieurs essais montrent que le rétinol a une stabilité relativement bonne selon le mode de conservation. Une bonne stabilité du rétinol a été obtenue lorsque le sérum est lyophilisé et conservé au moins à -25°C pendant 10 ans, ou non lyophilisé à -80°C pendant 5 ans ou encore simplement congelé à -70°C pendant 51,5 mois (222, 223).

Pour la présente étude, les analyses ont été effectuées au Laboratoire de Toxicologie et de Chimie Analytique de l'Unité de Formation et de Recherche en Sciences de la Santé (UFR/SDS) de l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso), selon une méthode adaptée de celle de Sapin (224). Un éclairage adapté au dosage du rétinol a été mis en place pendant la durée de toutes les manipulations. Le système HPLC utilisé se compose d'une pompe Al Tech, d'un détecteur Linear UVIS 200, d'un système d'injection et d'un intégrateur. Un système d'acquisition informatisée a été parallèlement utilisé. Après extraction à l'hexane et évaporation sous azote inerte, la séparation a été faite dans une colonne phase reverse de type C10 Nucleosyl, utilisant une phase mobile constituée de méthanol à 95%, acétonitrile à 3% et d'eau bidistillée à 2% avec un débit de 2 ml/mn. La détection a été faite à 323 nm, puis la double acquisition sur intégrateur et support informatique. La quantification a été faite par rapport à 15 picomoles d'acétate de rétinol, utilisé comme standard interne et préalablement utilisé pour déterminer le facteur de calibration. Chaque échantillon de sérum a fait l'objet de deux dosages et la moyenne des deux teneurs a été retenue. La teneur du rétinol sérique en dessous de laquelle un état de carence en VA est objectivé a été revu par l'OMS en 1996 (89). Au niveau individuel, le seuil pour les enfants de plus d'un an a été fixé à $0.70\ \mu\text{mol/l}$. A l'échelle populationnelle, une prévalence de la carence en vitamine A de 2 à 10% constitue un faible problème de santé publique, une prévalence de 10 à 20% représente un problème de santé publique de gravité modérée, une prévalence enfin de plus de 20% constitue un grave problème de santé publique (89).

4.4.3.2. Identité, âge, et sexe des écoliers

L'identification des écoliers s'est faite par consultation des listes d'inscription de chaque classe avec l'appui de l'enseignant titulaire de la classe concernée. L'âge des écoliers a été calculé à partir de la date de naissance relevée sur les actes de naissance de ceux qui en avaient. Dans le majorité des cas, l'âge était une approximation faite à partir des informations fournies par les parents de l'écolier. Le sexe de l'écolier était noté sur observation. Toutes ces informations étaient à chaque fois notées sur la fiche d'enquête (voir annexe 4).

4.4.3.3. Morbidité récente des écoliers et antécédent de prise d'une capsule de vitamine A

Les informations sur la morbidité des écoliers au cours des 15 jours précédant l'enquête ont été recueillies auprès des enseignants titulaires de chaque classe, qui disposent d'une liste de présences quotidiennes des écoliers. Le parent présent donnait l'information relative à une éventuelle prise d'une capsule de VA lors de la dernière Journée Nationale de Micronutriments (JNM) ou de la dernière Journée Nationale de Vaccination (JNV). Ces informations étaient reportées sur la même fiche d'enquête (voir annexe 4).

4.4.3.4. Anthropométrie des écoliers

Les données anthropométriques collectées étaient la taille et le poids de l'écolier :

- la taille a été prise en position debout à l'aide d'une toise, de précision de 1mm. Les pieds et genoux des enfants à plat étaient immobilisés pour éviter les cambrures; en plus, un bon port de la tête a été surveillé pour assurer une mesure correcte.
- le poids des enfants a été mesuré en utilisant une balance électronique (SECA770) à affichage numérique (précision de 100 g, capacité de 150 kg). L'exactitude de la balance a pu être vérifiée grâce à des poids étalon chaque matinée de pesée et ensuite de façon périodique après 15 mesures. Les écoliers étaient pesés avec le moins de vêtements possible.

Avec les données sur le poids, la taille, le sexe et l'âge, les indices anthropométriques (poids pour taille, indice de masse corporelle [$IMC=P/T^2$] et taille pour âge) ont été calculés en cote-Z ou fractions d'écart type (ET) par rapport à la population de référence OMS et CDC (249) en utilisant le logiciel EPINUT. Le seuil conventionnel de -2.0 ET a été utilisé pour définir respectivement l'émaciation et le retard de croissance (faible taille-pour-âge) des écoliers.

4.4.3.5. Interview des mères d'écoliers à Bogandé

Ces interviews ont été effectuées uniquement dans 6 écoles de la région de Bogandé (Nagaré, Ouadangou, Diaka, Bogandé C, Bogandé D, Léoura). Elles ont permis de collecter des informations à l'aide d'un questionnaire (voir annexe 5) administré aux mères des écoliers sélectionnés dans ces différentes écoles. Ces informations concernaient le statut socio-économique, des mères et de leur ménage, de même que l'appréciation des connaissances attitudes et pratiques de celles-ci vis-à-vis de la cécité nocturne, de l'HPR, de la VA et des activités du projet.

4.5. Déroulement de l'étude

4.5.1. Kaya

La collecte des données de base a eu lieu du 28 février au 15 mars 2003. Une semaine avant le début de la collecte, l'équipe du projet s'est déplacée sur le site de Kaya afin de coordonner les activités de collecte. Il a fallu rencontrer le Directeur provincial de l'enseignement de base et de l'alphabétisation (DPEBA) et les inspecteurs de l'enseignement de base et de l'alphabétisation des différentes circonscriptions concernées. Il faut noter que toutes ces autorités scolaires avaient été informées et leur accord obtenu dans une démarche antérieure de sélection des écoles et d'information du démarrage prochain des activités du projet. Outre les autorités scolaires rencontrées, il a fallu également rencontrer les responsables sanitaires, notamment le Médecin chef de District et le responsable du laboratoire d'analyse médicale du Centre médical de la

zone. En effet, une équipe complémentaire du laboratoire d'analyse médicale était adjointe à l'équipe du projet pour la collecte des échantillons de sang.

Une fois ces formalités coordonnées, l'équipe constituée d'un chauffeur, d'une animatrice responsable de la zone concernée, d'un représentant de la DPEBA, d'un laborantin du centre médical et de l'auteur de ce mémoire se déplaçait dans chacune des écoles sélectionnées (distantes d'au plus 60 km). Une fois dans les écoles, une rencontre d'information était organisée avec les enseignants et parents d'élèves afin d'obtenir leur approbation. Cette étape franchie, dans chaque école, en fonction de l'effectif désiré par école et par promotion, les élèves étaient sélectionnés au hasard par tirage au sort à partir des listes de classes. Les élèves sélectionnés étaient informés du jour prochain de collecte des données et il leur était demandé de venir ce jour-là à jeun. Le jour de l'enquête, l'accord de participation de l'élève obtenu et matérialisé par la signature de son père sur le formulaire de consentement dûment expliqué, la collecte des données pouvait commencer. Les données sur l'âge, le sexe, la morbidité récente des enfants, les mesures anthropométriques, étaient notées. En outre l'absence de l'élève pendant les deux semaines précédentes était recherchée, de même que l'information concernant la prise éventuelle d'une capsule de VA dans les derniers mois. L'enquête finissait par un prélèvement sanguin en vue du dosage du rétinol sérique. Après les prélèvements, chaque élève recevait un petit déjeuner composé d'une tartine de pain et margarine, et recevait en plus un kilogramme de sel iodé. Une fois l'enquête de base effectuée, la cantine scolaire pouvait débiter dans les écoles, avec l'adjonction d'HPR à chaque plat d'élève trois fois par semaine. Une fiche de suivi de chaque sélectionné et sous la responsabilité d'un enseignant contrôleur de la cantine permettait de consigner le nombre de plats enrichis consommés par chaque élève. Un an plus tard, soit du 1^{er} au 17 mars 2004, l'enquête de fin d'intervention s'est déroulée avec les mêmes préliminaires que celles de l'enquête de base et la collecte des mêmes données.

4.5.2. Bogandé

4.5.2.1. Collecte de données chez les écoliers

La collecte des données de base s'est déroulée du 7 au 21 novembre à Bogandé. Une semaine avant la collecte, l'équipe du projet s'est déplacée sur place pour établir les contacts administratifs du même ordre que ceux qui ont précédé l'enquête de base de Kaya conduite 8 mois plus tôt. D'école en école, l'équipe a procédé à la sélection au hasard des écoliers, puis à la collecte des mêmes données et suivant les mêmes principes que ceux observés à Kaya. Une fois l'enquête de base achevée, la préparation des repas dans les différentes cantines scolaires pouvait commencer, avec l'adjonction d'HPR dans les plats des écoliers faisant partie du groupe G₃ (écoles HPR), à raison de 15ml d'HPR dans leur plat 3 fois par semaine. Un an plus tard, soit du 5 au 20 novembre 2004, la même équipe a procédé à la collecte des mêmes données collectées un an plus tôt et chez les mêmes écoliers. Une semaine avant la collecte finale auprès des écoliers, deux enquêteurs ont été recrutés et adjoints à l'équipe afin d'assurer la collecte des données auprès des mères d'écoliers.

4.5.2.2. Collecte des données auprès des mères

Avant la collecte finale des données à Bogandé, deux enquêteurs ayant un niveau d'instruction minimum de 3^{ème} (4 ans de secondaire) et comprenant la langue locale ont été recrutés. Ces enquêteurs ont bénéficié d'une formation à la compréhension et à la standardisation de l'administration du questionnaire sur les connaissances, attitudes et pratiques des mères d'écoliers retenues pour cette enquête. Ces questionnaires ont été administrés pendant la collecte finale des données des écoliers, soit du 5 au 20 novembre 2004. Les mères concernées étaient invitées à se déplacer à l'école le jour où l'équipe s'y trouvait et ainsi les deux enquêteurs les rencontraient pendant que l'équipe habituelle procédait à la collecte des données auprès des écoliers.

4.5.3. Collecte des échantillons de sang

Afin de doser le rétinol sérique, un prélèvement de sang était effectué chez chaque écolier. Ce prélèvement de sang constituait la dernière étape du contact avec l'écolier. Pour chaque enfant, une quantité de 5 ml de sang était prélevée au pli du coude. Le prélèvement se faisait à l'aide d'un trocart étanche après avoir nettoyé la zone de ponction à l'alcool 70°. Le sang prélevé était conservé dans des tubes secs de 5ml protégés de la lumière par du papier aluminium et gardés dans une glacière remplie d'accumulateurs de froid congelés. De retour au Laboratoire du Centre médical respectif, les laborantins centrifugeaient les tubes de sang à 6000 rpm pendant 5 minutes pour recueillir le sérum. Le sérum de chaque tube était enfin réparti dans deux microtubes ambrés étiquetés et recouverts à nouveau de papier aluminium afin de les protéger de la lumière.

À Kaya l'absence de place suffisante dans le congélateur à -12°C et la facilité d'accéder à Ouagadougou, la capitale, faisaient que, toutes les 48h, les spécimens conservés dans les microtubes ambrés étiquetés y étaient transférés, où ils étaient conservés à -32°C pour un délai maximum d'un mois avant l'analyse au laboratoire.

À Bogandé, les sera ont été entreposés dans un congélateur de -12°C entre 3 et 15 jours avant d'être acheminés à Ouagadougou où ils étaient conservés à -32°C , là aussi pour un délai maximum d'un mois avant l'analyse au laboratoire.

4.6. Analyse des données

Les données collectées ont fait l'objet d'une double saisie et ont été traitées au moyen des logiciels SPSS 11.0 et Epi InfoTM, version 3.3.2. La valeur $p < 0.05$ a été considérée comme seuil de signification. Les tests t de Student et de χ^2 ont été utilisés pour comparer respectivement les variables continues et catégorielles. Les moyennes et écarts-types ont été calculés pour les variables continues. Les prévalences ont été calculées avec les données des écoliers présents au début et à la fin de l'étude. Les données de Kaya comme celles de Bogandé ont fait l'objet en outre d'une analyse de covariance à mesures répétées. Des analyses de covariances à chacun des temps de passages 1 et 2 (suivi des comparaisons deux à deux en utilisant la correction de

Bonferroni) ont été effectuées afin d'étudier les différences entre les groupes à ces temps.

4.7. Considérations éthiques

Le projet a reçu l'autorisation du Ministère chargé de la Recherche au Burkina Faso et l'approbation du Comité d'éthique de la Faculté de Médecine de l'Université de Montréal. Tous les écoliers et leurs parents ont reçu les informations détaillées sur le projet. Le parent (le père ou la mère déléguée par celui-ci) d'un écolier sélectionné, lorsqu'il était d'accord pour la participation de son enfant, était invité à matérialiser cet accord par la signature d'un formulaire de consentement éclairé au nom de son enfant. Une copie de ce formulaire de consentement se trouve à l'annexe 6.

Chapitre 5: Article soumis

Titre de l'article et revue de soumission

L'article est intitulé: "The positive impact of red palm oil in school meals on vitamin A status: study in Burkina Faso" sera soumis au Nutrition Journal.

Les auteurs

L'auteur principal de l'article est l'étudiant candidat à la maîtrise, auteur de ce mémoire. Les coauteurs sont le Dr Hélène Delisle, directrice de recherche de l'étudiant et le Dr Yves Martin-Prevel, codirecteur de l'étudiant et son encadreur lors de la collecte de données.

Notre contribution

La contribution de l'auteur de ce travail comprend :

- ✦ la réalisation des travaux de collecte de données sur le terrain, sous la direction du Dr Hélène Delisle et du Dr Yves Martin-Prevel,
- ✦ le traitement et l'analyse statistique de données sous la direction du Dr Hélène Delisle,
- ✦ la préparation de la version initiale du manuscrit et les révisions successives, ainsi que l'intégration des commentaires et corrections provenant des co-auteurs,
- ✦ La préparation de la bibliographie utilisée dans l'article.

Accord des coauteurs

À titre de coauteurs de l'article identifié ci-dessus, nous sommes d'accord pour que
ZEBA Augustin N inclut cet article dans son mémoire de maîtrise intitulé :
« **Enrichissement des repas scolaires en huile de palme rouge au Burkina Faso :
Évaluation des résultats et de l'impact** »

Dr Hélène DELISLE

Coauteur et directrice de recherche

1/11/05

Signature et date

Dr Yves MARTIN-PRÉVEL

Coauteur et directrice de recherche

27.10.2005

Signature et date

Dr Issa T SOME

Coauteur et directrice de recherche

26.10.2005

Signature et date

The positive impact of red palm oil in school meals on vitamin A status: study in Burkina Faso

Augustin N Zeba^{1,2}, Yves Martin Prével³, Issa T Somé⁴, Hélène F Delisle^{1,§}

¹Department of Nutrition, Faculty of Medicine, Université de Montréal, C.P. 6128 succ. Centre-ville, Montréal Qc Canada H3C 3J7

²(IRSS) Institut de Recherche en Sciences de la Santé/DRO, 01 BP 545 Bobo Dioulasso 01

³IRD (Institut de recherche pour le développement), Unité de Recherche 106 « Nutrition, Alimentation, Sociétés », 01 BP 182 Ouagadougou 01, Burkina Faso

⁴Laboratoire de chimie analytique et de toxicologie, UFR Sciences de la santé, Université de Ouagadougou, 03 BP 7021, Ouagadougou 03, Burkina Faso

[§]Corresponding author

Email addresses:

ANZ: [REDACTED]
YMP: [REDACTED]
ITS: [REDACTED]
HFD: [REDACTED]

Abstract

Background

Vitamin A (VA) deficiency is widespread in sub-Saharan Africa and school-age children are a vulnerable group. In Burkina Faso, the production and consumption of red palm oil (RPO) is being promoted as a food supplement for VA. The objective of the study was to assess the impact on serum retinol of adding RPO to school lunch in two test zones of Burkina Faso.

Methods

Over one school year, 15 ml RPO was added to individual meals 3 times a week in selected primary schools in two sites. Serum retinol was measured with HPLC at baseline and exactly 12 months later to take account of seasonality. A simple pre-post test design was used in the Kaya area (north-central Burkina), where 239 pupils from 15 intervention schools were randomly selected for the evaluation. In Bogandé (eastern Burkina), 24 schools were randomised for the controlled intervention trial: 8 negative controls with only the regular school lunch; 8 positive controls where the pupils received a single VA capsule (60 mg) at the end of the school year; and 8 schools with RPO through the school year. A random sample of 128 pupils in each school group took part in the evaluation.

Results

In Kaya, serum retinol went from 0.77 ± 0.37 $\mu\text{mol/L}$ at baseline to 1.07 ± 0.40 $\mu\text{mol/L}$ one year later ($p < 0.001$). The rate of low serum retinol (< 0.7 $\mu\text{mol/L}$) declined from 47.2% to 13.1%. In Bogandé, serum retinol increased significantly ($p < 0.001$) only in the capsule and RPO groups, going from 0.77 ± 0.28 to 0.98 ± 0.33 $\mu\text{mol/L}$ in the former, and from 0.82 ± 0.3 to 0.98 ± 0.33 $\mu\text{mol/L}$ in the latter. The rate of low serum retinol went from 46.1 to 17.1% in the VA capsule group and from 40.4% to 14.9% in the RPO group. VA-deficient children benefited the most from the capsule or RPO. Female sex, age and height-for-age were positively associated with the response to VA capsules or RPO.

Conclusions

RPO given regularly in small amounts appears highly effective in the reduction of VA deficiency. RPO deserves more attention as a food supplement for VA and as a potential source of rural income in Sahelian countries.

Key Words: Red palm oil, Vitamin A, Dietary diversification, School children, Burkina Faso

Background

Vitamin A (VA) deficiency affects approximately 40% of the world population, particularly pregnant or lactating women and under-five children (1). An estimated 100-140 million children are still suffering from subclinical VA deficiency, although clinical signs of the deficiency are on the decline (1). Even subclinical VA deficiency is associated with 23% excess mortality of under-five children (2) and with maternal mortality (3). Sahelian countries, including Burkina Faso, are the most affected by VA deficiency in sub-Saharan Africa. In a small community-based study conducted in 1999 in the north-central part of Burkina Faso, 84.5% of under-five children and 61.8% of their mothers were VA-deficient according to serum retinol concentrations (4).

Large scale periodic supplementation of under-five children with high-dosage VA capsules is still the preferred VA strategy in most developing countries (DCs) (5). Several studies have shown the efficacy of community- or hospital-based VA supplementation (2,6,7). However, it should only be a short-term approach to control the deficiency as it is not sustainable. Supplementation tends to entertain dependency and to convey the idea that VA deficiency is a medical problem, not a food and nutrition problem, which it is (8). VA fortification is used as a preventive measure even in high-income countries. A severe limitation in many low-income countries is that it is hard to identify appropriate food vehicles for fortification (9,10). Dietary diversification is a sustainable and long-term approach to the control of VA deficiency. Dietary diversification refers to several types of food system-based interventions designed to increase the supply, distribution and consumption of VA-containing foodstuffs (11). While animal sources of VA in the form of retinol are highly bio-available, their access

is often constrained by poverty. There is a wide variety of plant sources of provitamin A carotenoids, but their availability is often seasonal and their bio-efficacy may be quite low as in the case of green leaves (12,13).

Red palm oil (RPO) is the highest plant source of provitamin A carotenoids, and it is highly bio-available because of the fat milieu and the absence of a plant matrix (14-16). RPO is not only a source of VA; it provides fat, which is often in short supply and affects the bio-efficacy of dietary provitamin A carotenoids. RPO is also a source of several antioxidants including vitamin E and non-VA carotenoids which are involved in the prevention of cancer and other chronic diseases (17-19). RPO has been shown, contrary to common belief, to have a protective role in cardiovascular disease through increasing HDL-cholesterol (20,21). It is a staple fat in several countries of West, Central, and Southern Africa. However, the levels of consumption by nutritionally vulnerable groups and the extent of oil blanching, which destroys the VA activity, are by and large unknown. Many trials and a few programmes showed the efficacy and effectiveness of RPO in children and in women (22-29). In Burkina Faso, it was shown in a pilot-study that it was possible through social marketing to bring people who were unaccustomed to RPO to purchase and consume it to protect women and children from VA deficiency (4). After two years of promotional activities, it was found that around 45% of women and children in the test area had consumed RPO in the week prior to the survey (30). This led to a substantial decline in the rate of low serum retinol in the study area, from 61.8% to 28.2% in mothers, and from 84.5 to 66.9% in children (4). Based on market studies, it was also concluded that in the western part of Burkina Faso, RPO could be produced in much larger amounts by women who traditionally extract the oil, provided there is a demand for the product.

Following the pilot study, a larger project was implemented and one of the components was the RPO-fortification of school meals in selected areas. The school intervention was designed as a means of improving VA status of pupils and as a channel for RPO introduction in communities. The school lunch program is a promising entry point for nutritional improvement and for reaching communities, although not all children are enrolled in school – the rate of primary school enrolment in Burkina Faso is 27% (31).

The RPO retail system was developed so that the sites with the school intervention could have access to RPO through commercial channels. The purpose of this paper is to report on the impact of the school intervention on school children's retinol status.

Methods

Evaluation protocol

Impact evaluation, based on serum retinol concentration changes, was conducted in two areas where school lunches were fortified with RPO over one school year: Kaya Department (Sanmatenga province), in the north-central part of Burkina Faso, and the Bogandé District (Gnagna Province) in the eastern part. The intervention consisted of adding 15 ml RPO to individual meals 3 times a week in selected primary schools with a school lunch program in operation. This amount of RPO provides approximately 1500 µg retinol activity equivalents (RAE), based on analyses of local RPO. Parents and teachers were well informed of the purpose of the project and school lunch cooks were trained prior to implementation. Serum retinol was measured with HPLC at baseline and exactly 12 months later to take account of seasonality of VA intake and infectious diseases, which may affect VA status.

In Kaya, a simple pre-post test design was used. Of the 25 schools located in this district participating in the RPO intervention, only 15 were selected for the evaluation. The remaining ones were excluded because they are located in villages exposed to the RPO intervention during the pilot study (4). These schools had an operational school lunch program, and were distant at the most by 60 km from Kaya. Between March 2003 and March 2004, school lunches were fortified with RPO for an average of 9 weeks (mean of 28.4 ± 10.6 fortified meals); not all schools started RPO fortification at the same time. In each school, an initial number of 15 pupils was defined and a 10% allowance was included in order to take account of pupils who were to be lost to the repeat survey. The number of selected children was weighted in the schools and classes with a higher number of children, and the children in the last primary school year were excluded. A total of 239 pupils aged from 84 to 144 months were randomly selected using school lists of pupils. Blood samples for serum retinol determination were collected before the RPO fortification started in March 2003, and again in the same children in March 2004.

In Bogandé (eastern Burkina), the 24 schools of the district having a school lunch program were included and were randomised for the controlled intervention trial: 8 negative controls (G_1) with only the regular school lunch; 8 positive controls (G_2) where the pupils received a single VA capsule (60 mg) at the end of the 2003-4 school year; and the last 8 schools with RPO from November 2003 until June 2004 (G_3). In G_3 schools, 50.9 ± 16.7 RPO fortified meals were served (average of 17 weeks). The same weighting and exclusion criteria procedure in the determination of selected children was used as in Kaya. It should be mentioned that in all school lunch programmes in the country, VA fortified vegetable oil is used, but the fortification level is quite low: 9mg retinol/kg oil. Serum retinol was measured in a random sample of 128 pupils in each school group in November 2003, and again in the same pupils one year later (See Figure 1). Sample size determination in both sites was based on an expected baseline rate of 45% of low serum retinol ($<0.7 \mu\text{mol/L}$) and a post-intervention rate of 20%, with an alpha-type error of 0.05 and a statistical power of 0.80, based on prior studies among school-children in Niger, a neighbouring Sahelian country (32).

The study was approved by the Ethics Committee of the Medical School of Université de Montréal and by the Ministry of Research in Burkina Faso. An informed consent form was signed by the father before enrolling the child.

Study variables

For each pupil, sex, age and the occurrence of illness in the previous fortnight were recorded. Weight and height were measured, and blood samples were collected, at baseline and in the repeat survey. After centrifugation on-site, serum samples were frozen and kept at -32°C until analysed in duplicate for retinol by HPLC in the Toxicology and Analytical Chemistry laboratory of the Health Science Research and Training Unit, University of Ouagadougou (Burkina Faso). This laboratory belongs to a worldwide network of labs measuring retinol and carotenoids. Low and very low serum retinol cut-offs ($<0.7 \mu\text{mol/L}$ and $<0.35 \mu\text{mol/L}$, respectively) are as recommended by WHO (33).

Data processing and analysis

Data were entered twice and analysed using SPSS 11.0., and Epi Info™, version 3.3.2 was used to compute Z-scores for anthropometric indices: height-for-age and BMI-for-age. BMI for age was used instead of weight-for-height because most pupils were above the height and age limit for weight-for-age in the repeat survey. Student t tests and χ^2 tests were used to compare continuous and categorical variables, respectively. Only data from children who took part in both surveys were included in the analyses. Analyses of variance with repeat measures were performed, with "treatment" as a co-factor in Bogandé school data.

Results

Characteristics of study subjects

As shown in Figure 1, 214 of the 239 pupils of Kaya taking part in baseline study were also included in the 2nd survey one year later. In Bogandé, 337 of the initial sample of 384 pupils took part in the 2nd survey. No death occurred in the study children. In 90% of the cases, the children were not available for the 2nd survey because they had to help their parents in the fields. There were a few cases of pupils being transferred to another school. Mean age at baseline was 101-102 months, except G₁ in Bogandé, where the children were younger (94±20 months, see Tables 1 and 3). The percentage of girls was significantly lower than that of boys in Kaya schools only (43% against 57%, $p = 0.003$).

Serum retinol changes and associated factors in Kaya

In Kaya pupils (Table 1), serum retinol increased significantly from $0.77 \pm 0.37 \mu\text{mol/L}$ at baseline to $1.07 \pm 0.40 \mu\text{mol/L}$ one year later ($p < 0.001$). The rate of low serum retinol declined accordingly, going from 47.2% at baseline to 13.1% in the 2nd survey ($p < 0.001$). This represents a reduction of 72%. Furthermore, 15% had very low serum retinol concentrations at baseline, but none one year later. At baseline, there was no difference between boys and girls; after the intervention, mean serum retinol was significantly higher and the rates of low serum retinol significantly lower in girls than in boys. Children with low serum retinol at baseline improved the most, with a change of $48.7 \pm 23.5\%$, compared to $-10.0 \pm 43.4\%$ in those with normal serum retinol at baseline.

Table 1 also shows that the height status of the children declined significantly ($p=0.013$) between the two surveys, while little change was observed for the BMI Z-score.

The multivariate analysis of Kaya data (Table 2) showed that age in months ($p=0.001$), female sex ($p=0.045$) and initial height-for-age Z-score ($p=0.012$) were independent within-subject predictors of endline serum retinol. Between the subjects only female sex ($p=0.024$), is significantly associated with a higher level of serum retinol. Baseline serum retinol was also a highly significant predictor of change ($p<0.001$).

Among the Kaya pupils, 18% had received a VA capsule of 60 mg during the “National Micronutrient Days” six months earlier. Those pupils were younger than the ones who had not received the VA supplement. This is understandable since the Micronutrient days target under-five children primarily, although a few older children may slip among recipients. However, those pupils having taken a VA capsule were not different from the others for retinol or anthropometric status at baseline.

Serum retinol changes in intervention and control groups in Bogandé

Serum retinol values in Bogandé school children are provided in Table 3. It is seen that serum retinol did not change in the negative control group (G_1). This is in contrast with the significant increase in both the VA capsule (G_2) and the RPO (G_3) groups. Mean serum retinol went from 0.77 ± 0.28 $\mu\text{mol/L}$ to 0.98 ± 0.33 $\mu\text{mol/L}$ in the capsule group, and from 0.82 ± 0.30 $\mu\text{mol/L}$ to 0.98 ± 0.33 $\mu\text{mol/L}$ in the RPO group. The serum retinol changes in the three groups are illustrated in Figure 2.

Much like in Kaya, a higher serum retinol increase was observed in the subjects who were deficient at baseline. Among deficient subjects at baseline, the change went from $+37.7\pm 47.1\%$ in negative controls to $+63.1\pm 65.7\%$ in the RPO group and $+87.5\pm 111.2\%$ in the VA capsule group.

It is also seen in Table 3 that mean baseline serum retinol was significantly higher in the negative control group compared to the other groups in spite of the random assignment of schools to treatment groups. Negative control children were also significantly

younger and with a better height status than the other groups. However, mean serum retinol differences between groups were not significant in the 2nd study. The anthropometric status declined in all groups in the 2nd survey, particularly BMI Z-scores.

The results of the analysis of covariance with repeated measures for Bogandé children are given in Table 4. It shows that serum retinol evolved differently according to school group ($p < 0.001$), which was to be expected, but independent from sex. Age ($p < 0.001$) and height status ($p = 0.009$) enhanced the upward changes, as was observed in Kaya. In other words, the intervention tended to have more of an impact in older and taller children.

Bogandé school children did not receive VA capsules at any time prior to the study.

Discussion

An important finding of this study is that VA deficiency at school age is a serious public health problem in the intervention areas, since 47.2% in Kaya and 37.1% in Bogandé had low serum retinol, whereas the cut-off for a severe public health problem is 20% low serum retinol according to WHO (28). This confirms previous findings in school-children in Niger (32), with a 45% baseline rate of low serum retinol. In the 15 RPO schools in Kaya and in the 8 RPO schools in Bogandé, the rate of low serum retinol was down to 13% and 15%, respectively, so that the VA deficiency went from a severe to a moderate public health problem, after an average of 28 and 51 RPO fortified meals in Kaya and Bogandé respectively, over a year. These findings are in accordance with previous studies showing the efficacy or effectiveness of RPO among preschool children (27), pupils (34), and reproductive age women (4,25). As suggested by Wasanwisut (35), the intervention was effective since the deficiency rate was down to 15% or less in all intervention groups.

The VA supplied by the RPO supplement over the test year amounted to approximately 42 mg RAE in Kaya and 76.5 mg in Bogandé, which is close to the 60 mg provided by a single VA capsule if we use 6:1 as conversion factor for β -carotene to retinol. Had we used the newly recommended conversion factor of 12:1 (36), the total amount of VA provided as RPO would have represented around half of the dosage of a VA capsule. It

is interesting to note that the RPO and the single VA capsule had a nearly equivalent impact on serum retinol in Bogandé school children. RPO was not found more effective than retinol supplements in our study, however, which is at variance with others (34,37). It may be simply a matter of dosage or duration of the RPO fortification in our study, or else, it may be due to the fact that the interval between VA supplement administration and the endline serum retinol measurement was slightly shorter in the VA capsule group (5 months) than the interval between the last RPO meal and the endline measure in the RPO group (5.5 – 6 months).

Mean final serum retinol in Kaya pupils was nearly twice as high as that of Bogandé RPO pupils, whereas the former had received roughly half as much RPO as the latter. This may reflect the fact that in Kaya, pupils were still receiving RPO supplements when endline blood samples were collected for retinol determinates, whereas in Bogandé, RPO supplementation was interrupted for school recess 5.5 to 6 months before blood sampling, so that VA stores could be more depleted.

In Bogandé, the rate of VA deficiency at baseline was lower than in Kaya. This is unquestionably due to the different timing of the survey, which took place in the rainy season with plenty of green leaves and mangoes in Bogandé, and during the dry and lean season in Kaya. This may also have something to do with the fact that in Kaya, the few children who had received a VA capsule in the course of the National Micronutrient Days 6 months or more before baseline study did not have a better VA status compared to other pupils.

In both sites, our findings support previous studies showing that initially deficient subjects derived the most benefit from the VA supplement, whether in the form of RPO or a single VA capsule (4,6,38-40). In VA replete subjects, there was no further increase in serum retinol; there was even a tendency for the reverse, with 12% of the normal pupils at baseline showing a low serum retinol value at endline (VA capsule or RPO treatment). Such paradoxical findings were reported previously, but with synthetic VA, not with food supplements (6,40). It may simply reflect regression to the mean, but further research on the potential adverse effect of VA supplementation among non-deficient children is warranted.

In initially deficient pupils, serum retinol increased by 87.5% with the VA capsule and by 63.1% with RPO meals. However, in Kaya and in Bogandé as well, the rate of low serum retinol remained high (between 13% and 17%) after the intervention. This suggests that factors other than VA intake may explain a sizeable proportion of low serum retinol values. One of those factors is underlying infection, which is known to reduce serum retinol (41,42) and makes serum retinol non-specific of VA deficiency. We could have used a more sensitive and specific indicator of VA deficiency such as the modified relative dose-response (43-45), but the required retinol analog was only available at high cost. We collected information on the occurrence of illness in the previous fortnight, but this variable showed no significant association with serum retinol at either time. Another factor that may explain the persistence of more than 10% low serum retinol values is the presence of concurrent nutritional deficiencies which may act as limiting factors. Zinc deficiency is widely prevalent among children worldwide, and it is known to affect growth (46) and to interact with VA (47). The fact that taller children had a higher serum retinol response in both areas indeed suggests that zinc or protein-energy malnutrition may interfere with VA status improvement. Although this was not the purpose of the study, we could observe that the benefit of VA capsules was short-lived. In one of the intervention sites (Kaya), 18% of the pupils had received a VA capsule 6 months prior to our baseline survey, but their VA status was not different from that of other pupils. Similarly, among pre-schoolers, Zagré et al (4) found, 6 months following a VA capsule distribution among preschoolers with a coverage rate around 90% in Burkina Faso, that the rate of low serum retinol was 84.5% in the same Kaya area. These observations lead to advocate for more global nutritional approaches to micronutrient malnutrition rather than single nutrients, and therefore dietary diversification strategies, along with public health measures to control infection.

Boys are reportedly at higher risk of VA deficiency (48-50) although the reasons for their higher vulnerability are largely unexplained. Baseline data did not disclose a better VA status of girls, but their response to RPO in Kaya was significantly higher than that of boys. In Bogandé, sex was not a significant determinant of serum retinol in the covariance analyses including all three treatment groups. In separate linear regression of endline or change of serum retinol for the capsule and RPO groups; it was found that

female sex was associated with a higher response, with the VA capsule but not with RPO supplementation. No explanation for this difference can be proposed.

The interpretations of the findings in Bogandé were obscured by the much better VA status of the negative control group of pupils at baseline. Indeed, the rate of low serum retinol was of the same magnitude as that found in the positive control and RPO groups, but after the intervention. These wide differences underline the disparities that may be found within the population of a relatively small area. Other indices of a better socio-economic status of the negative control group pupils are their significantly higher height-for-age, and the fact that among the 8 schools selected at random to serve as controls, more than half were in villages actively involved in trade. The link between better socio-economic status and better health and nutrition status is well documented (33,51,52). In all three school groups, BMI was lower at endline than at baseline as the last harvest had been poor, which underlines the vulnerability of the area to food insecurity.

Conclusions

This study disclosed a high rate of VA deficiency in school children in Burkina Faso. This is an important finding, considering that it is customary to focus on preschoolers and mothers as priority target groups for the improvement of VA status. The study also confirmed the effectiveness of RPO as a food supplement for VA in primary school pupils.. RPO is a highly bio-effective source of VA, and its production can be increased even in marginal areas such as Burkina Faso. Further, its distribution could be developed at the regional level, thereby reaching other countries where VA deficiency is also a public health problem.. RPO is also well liked by West-African populations even if they have not been exposed to it; it was very popular among exposed pupils in this study. Furthermore, palm oil plantations, and the extraction and commercial distribution of RPO may generate income for women who are the ones producing and selling the oil. The potential benefits of RPO for VA and for other nutritional and economic benefits in Sahelian countries is only beginning to be recognized, and the evaluation of the project in Burkina Faso has allowed to advocate for RPO as part of the national strategy (53).

Competing interests

None

Authors' contributions

ANZ collected the field data, as part of his research for the M.Sc. (Nutrition). HD designed the study and supervised ANZ. YMP was the co-supervisor of ANZ in the field. ITS was in charge of serum retinol measurement, and he contributed his comments on the paper drafted by ANZ, redrafted (in English) by HD, and reviewed by YMP.

Acknowledgements

The authors express their sincere thanks to partners of the Red Palm Oil Project involved in the school component Burkina Faso (Association Burkinabé d'économie sociale et familiale [Home Economists Association], Unicef-Burkina Faso, Helen Keller International). Micronutrient Initiative (Canada) provided most of the funding for the RPO project, and for this study.

References

1. **Combating vitamin A deficiency.** [<http://www.who.in/nut/vad.htm>]
2. Beaton, G., Martorell, R. & Aronson, K.: *Effectiveness of vitamin A supplementation in the control of young child morbidity and mortality in developing countries.* WHO Geneva: 1993.
3. West, K. P., Jr., Katz, J., Khattry, S. K., LeClerq, S. C., Pradhan, E. K., Shrestha, S. R., Connor, P. B., Dali, S. M., Christian, P. et al.: **Double blind, cluster randomised trial of low dose supplementation with vitamin A or beta carotene on mortality related to pregnancy in Nepal. The NNIPS-2 Study Group.** *BMJ* 1999, 318:570-575.
4. Zagré, N., Delpuech, F., Traissac, P. & Delisle, H.: **Red palm oil as a source of vitamin A for mothers and children: impact of a pilot project in Burkina Faso.** *Public Health Nutr.* 2003, 6:733-742.
5. **Human vitamin and mineral requirements.**
[http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/004/Y2809E/Y2809E00.HTM]
6. Fawzi, W. W., Chalmers, T., Herrera, M. G. & Mosteller, F.: **Vitamin A supplementation and child mortality. A meta-analysis.** *J Am Med Assoc* 1993, 269:898-903.
7. Glasziou, P. P. & Mackerras, D. E.: **Vitamin A supplementation in infectious diseases: a meta-analysis.** *BMJ* 1993, 306:366-370.
8. Delisle, H.: **La supplémentation en vitamine A fait-elle obstacle à des stratégies alimentaires de prévention?** *Santé* 1994, 4:367-374.
9. Ruel, M. & Levin, C.: *Assessing the potential for food based strategies to reduce vitamin A and iron deficiencies: a review of recent evidence.* Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute; 2000.
10. Underwood, B. A.: **Dietary approaches to the control of vitamin A deficiency: An introduction and overview.** *Food Nutr Bull* 2000, 21:117-123.
11. Delisle, H.: **Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: Why is it and what can be done?** In *Proceeding of the 2nd International Workshop: food-based approaches for a healthy nutrition: 23-28/11/2003: Ouagadougou, Burkina Faso.* Edited by Brouwer ID, Traoré SA., Trèche, S.: 2003:151-166.
12. Delisle, H., Bakari, S., Gevry, G., Picard, C. & Ferland, G.: **[Provitamin A content in traditional green leaves in Niger].** *Cahiers Agriculture* 1997, 6:553-560. Même remarque pour le titre en français

13. Rodriguez-Amaya, D.: *Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared processed, and stored foods*. Arlington: OMNI; 1997.
14. Choo, Y., Ma, A. & Basiron, Y.: **Red palm oil: a potential source of dietary carotene**. *Malaysian Oil Science and technology* 1993, 2:54-55.
15. Cottrell, R. C.: **Introduction: nutritional aspects of palm oil**. *Am. J. Clin. Nutr.* 1991, 53:989S-1009S.
16. You, C. S., Parker, R. S. & Swanson, J. E.: **Bioavailability and vitamin A value of carotenes from red palm oil assessed by an extrinsic isotope reference method**. *Asia Pac J Clin Nutr* 2002, 11 Suppl 7:S438-442.
17. Gann, P. H., Ma, J., Giovannucci, E., Willett, W., Sacks, F. M., Hennekens, C. H. & Stampfer, M. J.: **Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels: results of a prospective analysis**. *Cancer Res.* 1999, 59:1225-1230.
18. Goodman, G. E., Schaffer, S., Omenn, G. S., Chen, C. & King, I.: **The association between lung and prostate cancer risk, and serum micronutrients: results and lessons learned from beta-carotene and retinol efficacy trial**. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2003, 12:518-526.
19. Ng, J. H., Nesaretnam, K., Reimann, K. & Lai, L. C.: **Effect of retinoic acid and palm oil carotenoids on oestron sulphatase and oestradiol-17beta hydroxysteroid dehydrogenase activities in MCF-7 and MDA-MB-231 breast cancer cell lines**. *Int. J. Cancer* 2000, 88:135-138.
20. Edem, D. O.: **Palm oil: biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: a review**. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2002, 57:319-341.
21. Kritchevsky, D., Tepper, S. A., Czarnecki, S. K. & Sundram, K.: **Red palm oil in experimental atherosclerosis**. *Asia Pac J Clin Nutr* 2002, 11 Suppl 7:S433-437.
22. Canfield, L. M., Kaminsky, R. G., Taren, D. L., Shaw, E. & Sander, J. K.: **Red palm oil in the maternal diet increases provitamin A carotenoids in breastmilk and serum of the mother-infant dyad**. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2001, 40:30-38.
23. Lietz, G., Henry, C. J., Mulokozi, G., Mugyabuso, J. K., Ballart, A., Ndossi, G. D., Lorri, W. & Tomkins, A.: **Comparison of the effects of supplemental red palm oil and sunflower oil on maternal vitamin A status**. *Am. J. Clin. Nutr.* 2001, 74:501-509.
24. Mosha, T., Laswai, H. & Mtebe, K.: **Control of vitamin A deficiency disorders through fortification of cassava flour with red palm oil: a case study of Kigoma district, Tanzania**. *Ecol Food Nutr* 1999, 37:569-593.

25. Radhika, M. S., Bhaskaram, P., Balakrishna, N. & Ramalakshmi, B. A.: **Red palm oil supplementation: a feasible diet-based approach to improve the vitamin A status of pregnant women and their infants.** *Food Nutr Bull* 2003, 24:208-217.
26. Rukmini, C.: **Red palm oil to combat vitamin A deficiency in developing countries.** *Food Nutr Bull* 1994, 15:126-129.
27. Sivan, Y. S., Alwin Jayakumar, Y., Arumughan, C., Sundaresan, A., Jayalekshmy, A., Suja, K. P., Soban Kumar, D. R., Deepa, S. S., Damodaran, M. et al.: **Impact of vitamin A supplementation through different dosages of red palm oil and retinol palmitate on preschool children.** *J. Trop. Pediatr.* 2002, 48:24-28.
28. van Stuijvenberg, M. E., Dhansay, M. A., Lombard, C. J., Faber, M. & Benade, A. J.: **The effect of a biscuit with red palm oil as a source of beta-carotene on the vitamin A status of primary school children: a comparison with beta-carotene from a synthetic source in a randomised controlled trial.** *Eur. J. Clin. Nutr.* 2001, 55:657-662.
29. van Stuijvenberg, M. E., Faber, M., Dhansay, M. A., Lombard, C. J., Vorster, N. & Benade, A. J.: **Red palm oil as a source of beta-carotene in a school biscuit used to address vitamin A deficiency in primary school children.** *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2000, 51 Suppl:S43-50.
30. Zagr , N., Delisle, H., Tarini, A. & Delpeuch, F.: **[Changes in vitamin A intake following the social marketing of red palm oil among children and women in Burkina Faso].** *Sante* 2002, 12:38-44.
31. UNICEF.: *La situation des enfants dans le Monde 2005.* New York: UNICEF; 2005.
32. Delisle, H., Zagr , N. M., Bakari, S., Codja, P. & Zendong, R.: **A food-system approach to vitamin A deficiency.** *Food Agric Nutr* 2003, 32:40-50. Titre en anglais?
33. OMS.: *Les indicateurs d'évaluation de la carence en vitamine A et leur utilisation dans la surveillance et l'évaluation des programmes d'intervention.* Genève: OMS; 1999.
34. Mahapatra, S. & Manorama, R.: **The protective effect of red palm oil in comparison with massive vitamin A dose combating vitamin A deficiency in Orissa, India.** *Asia Pac J Clin Nutr* 1997, 6:246-250.
35. Wasantwisut, E.: **Recommendations for monitoring and evaluating vitamin A programs: outcome indicators.** *J. Nutr.* 2002, 132:2940S-2942S.
36. IOM.: *Dietary reference intakes for, vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids.* Washington DC: Institute of Medicine, National Academic Press; 2000.

37. Sivan, Y. S., Jayakumar, Y. A., Arumughan, C., Sundaresan, A., Balachandran, C., Job, J., Deepa, S. S., Shihina, S. L., Damodaran, M. et al.: **Impact of beta-carotene supplementation through red palm oil.** *J. Trop. Pediatr.* 2001, 47:67-72.
38. Parvin, S. G. & Sivakumar, B.: **Nutritional status affects intestinal carotene cleavage activity and carotene conversion to vitamin A in rats.** *J. Nutr.* 2000, 130:573-577.
39. Ribaya-Mercado, J. D., Solon, F. S., Solon, M. A., Cabal-Barza, M. A., Perfecto, C. S., Tang, G., Solon, J. A., Fjeld, C. R. & Russell, R. M.: **Bioconversion of plant carotenoids to vitamin A in Filipino school-aged children varies inversely with vitamin A status.** *Am. J. Clin. Nutr.* 2000, 72:455-465.
40. Sempertegui, F., Estrella, B., Camaniero, V., Betancourt, V., Izurieta, R., Ortiz, W., Fiallo, E., Troya, S., Rodriguez, A. & Griffiths, J. K.: **The beneficial effects of weekly low-dose vitamin A supplementation on acute lower respiratory infections and diarrhea in Ecuadorian children.** *Pediatrics* 1999, 104:e1.
41. Filteau, S. M., Morris, S. S., Abbott, R. A., Tomkins, A. M., Kirkwood, B. R., Arthur, P., Ross, D. A., Gyapong, J. O. & Raynes, J. G.: **Influence of morbidity on serum retinol of children in a community-based study in northern Ghana.** *Am. J. Clin. Nutr.* 1993, 58:192-197.
42. Sommer, A.: **Vitamin A deficiency, child health, and survival.** *Nutrition* 1997, 13:484-485.
43. Loerch, J., Underwood, B. A. & Lewis, K.: **Response of plasma levels of vitamin A to a dose of vitamin A as an indicator of hepatic vitamin A reserves in rats.** *J. Nutr.* 1979, 109:778-786.
44. Tanumihardjo, S. A.: **Assessing vitamin A status: past, present and future.** *J. Nutr.* 2004, 134:290S-293S.
45. Tanumihardjo, S. A., Koellner, P. G. & Olson, J. A.: **Refinement of the modified-relative-dose-response test as a method for assessing vitamin A status in a field setting: experience with Indonesian children.** *Am. J. Clin. Nutr.* 1996, 64:966-971.
46. Brown, K. H., Peerson, J. M. & Allen, L. H.: **Effect of zinc supplementation on children's growth: a meta-analysis of intervention trials.** *Bibl. Nutr. Dieta* 1998:76-83.
47. Christian, P. & West, K. P., Jr.: **Interactions between zinc and vitamin A: an update.** *Am. J. Clin. Nutr.* 1998, 68:435S-441S.
48. Pilch, S. M.: **Analysis of vitamin A data from the health and nutrition examination surveys.** *J. Nutr.* 1987, 117:636-640.

49. Schaumberg, D., Connor, J. & Semba, R.: **Risk factors of xerophthalmia in the Republic of Kirabati.** *Eur. J. Clin. Nutr.* 1996, 50:761-764.
50. Sinha, D. P. & Bang, F. B.: **Seasonal variation in signs of vitamin-A deficiency in rural West Bengal children.** *Lancet* 1973, 2:228-230.
51. Sommer, A., Hussaini, G. & Muhilal.: **History of night blindness: a simple tool for xerophthalmia screening.** *Am. J. Clin. Nutr.* 1982, 33:887-891.
52. Spannaus-Martin, D. J., Cook, L. R., Tanumihardjo, S. A., Duitsman, P. K. & Olson, J. A.: **Vitamin A and vitamin E statuses of preschool children of socioeconomically disadvantaged families living in the midwestern United States.** *Eur. J. Clin. Nutr.* 1997, 51:864-869.
53. Zagré, N. M., Delisle, H. & Delpuech, F.: **Red palm oil in Burkina: a step for the food diversification in the national strategy for the vitamin A deficiency control.** In *Proceedings of the 2nd International Workshop: food-based approaches for a healthy nutrition: 23-28/11/2003; Ouagadougou, Burkina Faso.* Edited by Brouwer ID, T. A., Trèche, S.: 2003:337-348.

Figures

Figure 1 - Study pupils in Kaya and Bogandé

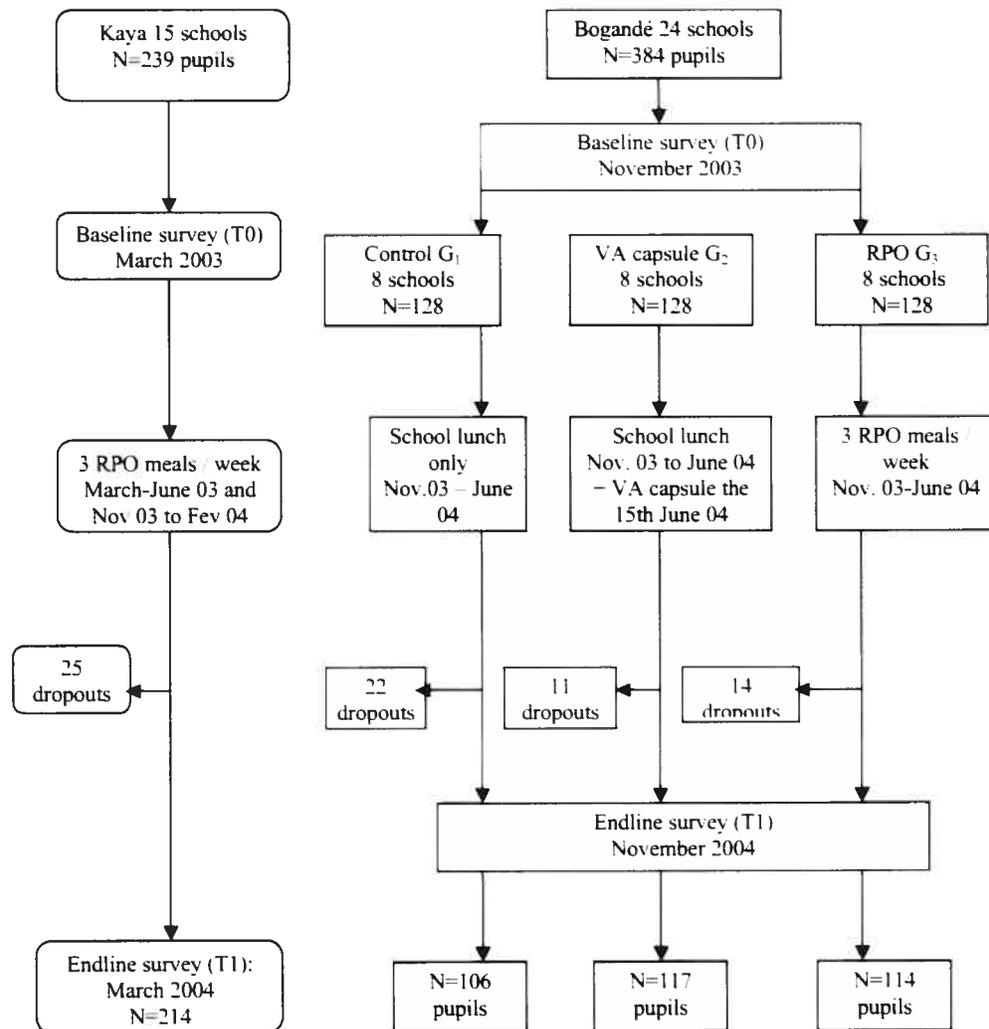
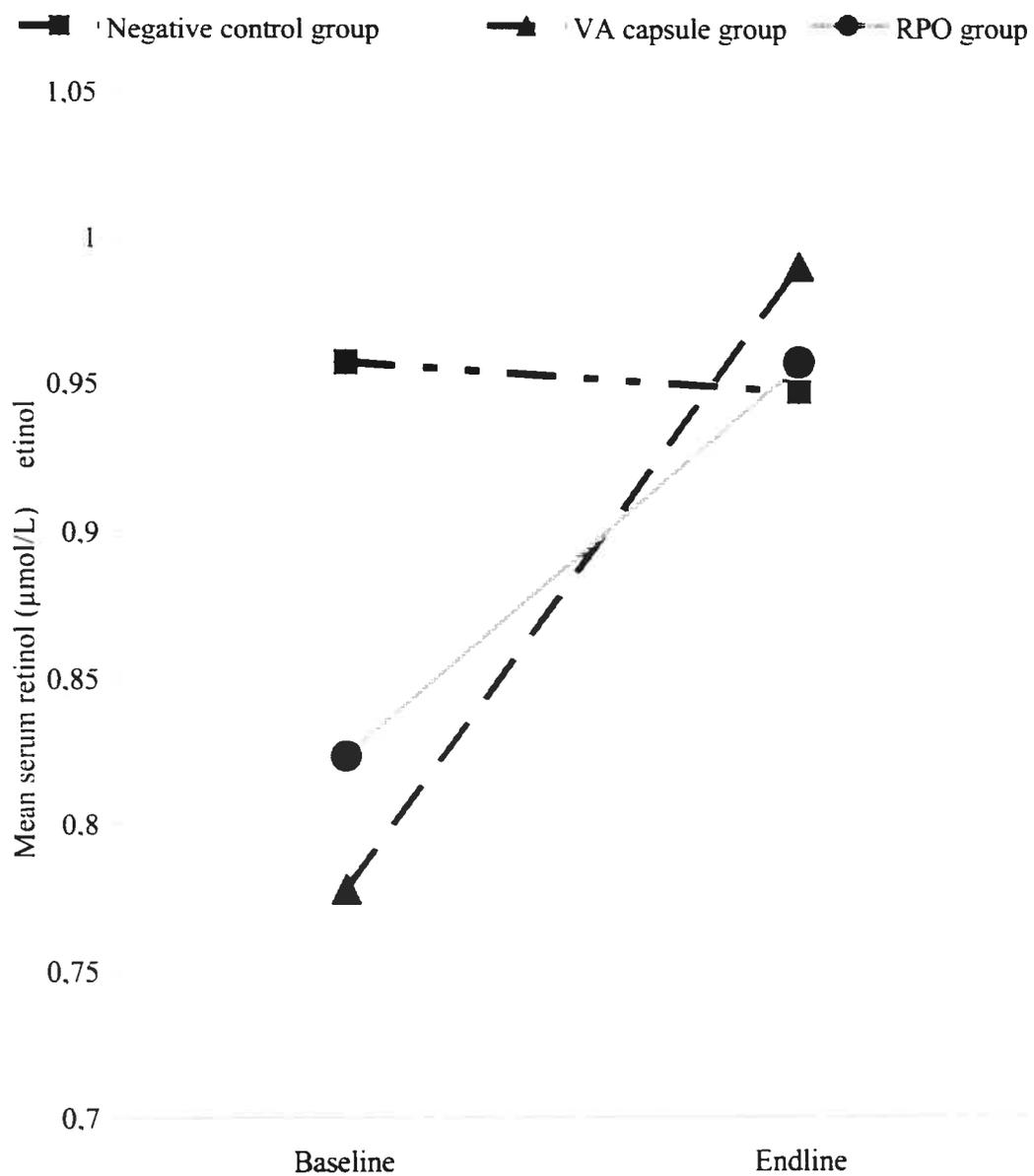


Figure 2. Mean serum retinol changes according to treatment group, Bogandé

Tables

Table 1 - Characteristics of Kaya pupils and serum retinol changes

	Baseline (T0)	Endline (T1)	p value
Total (n=214)			
% girls	43.0	-	-
Age (months)	102±19	-	-
Height-for-age Z-score	-0.045±1.40	-0.15±1.36	0.013
BMI-for-age Z-score	-1.0±0.89	-0.99±1.0	0.80
Serum retinol (µmol/L)			
Total	0.77 ± 0.37	1.07± 0.4	<0.001
Girls	0.79±0.37	1.16±0.45**	<0.001
Boys	0.78±0.37	0.99± 0.34**	<0.001
Serum retinol <0.70 µmol/L (%)			
Total	47.2 (40.5-53.9)	13.1 (8.6-17.6)	<0.001
Girls	46.7 (36.7-56.7)	8.7 (3-14.4) †	<0.001
Boys	47.5 (38.7-56.3)	16.4 (9.9-22.9) †	<0.001
Serum retinol <0.35 µmol/L (%)	15.0(8.0-22.0) ††	0	-
Mean serum retinol change in <0.7 µmol/L subjects at baseline n=101 (%)	-	48.7'±23.5	-
Mean serum retinol change in ≥0.70 µmol/L subjects at baseline n=113 (%)	-	-10.0'±43.4	-

Mean±SD or % (CI 95%)

** At T1, mean serum retinol significantly higher in girls than in boys (p=0.02)

† At T1, rate of low serum retinol tends to be lower in girls (p=0.098)

†† The rate of very low serum retinol not different in boys and girls (p=0.20)

†Change $[100*(\text{Serum retinol T1} - \text{serum retinol T0}) / \text{Serum retinol T0}]$, significantly higher (p<0.001) in deficient subjects at baseline

Table 2. Factors associated with serum retinol changes in Kaya pupils (ANCOVA with repeat measures)

Within subject effects				
Source	Sum of squares	df	F	P value
Time factor	0.89	1	6.30	0.013
Time factor* age	1.60	1	11.58	0.001
Time factor* height-for-age Z-score	0.88	1	6.39	0.012
Time factor* sex	0.56	1	4.08	0.045
Error	28.74	210	-	-

Table 3: Characteristics of Bogandé pupils and serum retinol changes

	G ₁			G ₂			G ₃		
	Baseline (T0)	Endline (T1)	p value	Baseline (T0)	Endline (T1)	p value	Baseline (T0)	Endline (T1)	p value
Total	(n=106)			(n=117)			(n=114)		
% girls	43 (34-52)	-	-	49.0 (40-58)	-	-	49.0 (40-58)	-	-
Age (months)	94±20	-	-	101±20	-	-	102±22	-	-
Height-for-age Z-score	++0.55±1.9 0	++0.43±1.60	0.61	++-0.16±1.50	++-0.33±1.20	0.33	++-0.38±1.56	++-0.33±1.20	0.78
BMI-for-age Z-score	-0.91±0.94	-1.25±1.27	0.022	-0.93±0.96	-1.34±1.00	0.002	-1.13±0.88	-1.40±0.99	0.03
Mean serum retinol (µmol/L)									
Total	**0.96±0.36	0.94±0.30	0.66	**0.77±0.28	0.98±0.33	<0.001	**0.82±0.30	0.98±0.33	<0.001
Girls	0.96±0.35	0.99±0.30	0.66	0.77±0.29	1.00±0.34	<0.001	0.83±0.30	0.96±0.26	0.010
Boys	0.95±0.38	0.91±0.30	0.50	0.78±0.27	0.97±0.32	<0.001	0.81±0.29	0.96±0.26	0.020
Serum retinol <0.70 µmol/L (%)									
Total	‡23.6 (15.6-31.6)	14.2 (8.2-20.2)	0.08	‡46.1 (36.7-56.7)	17.1 (10.1-27.1)	<0.001	‡40.4 (31.4-49.4)	14.9 (8.9-20.9)	<0.001
Girls	‡‡15.5 (5.5-25.5)	13.3 (4.3-22.3)	0.76	‡‡45.6 (33.6-57.6)	14.0 (5.0-23.0)	<0.001	‡‡36.4 (24.4-48.4)	9.1 (2.1-16.1)	<0.001
Boys	‡‡25.5 (15.5-35.5)	14.8 (6.8-22.8)	0.24	‡‡46.7 (34.7-58.7)	20.0 (10.0-30.0)	0.002	‡‡44.1 (32.1-56.1)	20.3 (10.3-30.3)	0.006
% Serum retinol <0.35 µmol/L	0.0	2.0	-	0	1.0	-	0	0	-
Mean serum retinol change in <0.7 µmol/L subjects at baseline (%)									
	-	+38.0±47.1 N=25	-	-	+87.5±111.2 N=54	-	-	+63.1±65.7 N=46	-
Mean serum retinol change in ≥0.70 µmol/L subjects at baseline n=113 (%)									
	-	-2.0±29.0 N=81	-	-	9.6±33.9 N=63	-	-	6.9±39.2 N=68	-

Mean±SD or % (CI 95%)

** At T0, mean serum retinol significantly higher in group G₁ than in G₂ and G₃ (p<0.001)

‡ At T0, rate of low serum retinol significantly lower in group G₁ than in G₂ and G₃ (p=0.012)

‡‡ The rate of very low serum retinol not different in boys and girls in the three groups G₁, G₂ and G₃ (p=0.83, 0.90 and 0.40, respectively)

+Change [100*(Serum retinol T1 - serum retinol T0) / Serum retinol T0]. Significantly higher in initially deficient subjects of groups G₂ and G₃ than in G₁ (p<0.001)

++ At T0 and T1, the pupils from G₁ were significantly taller than those in G₂ and G₃ (p<0.001)

Table 4. Factors associated with serum retinol changes in Bogandé pupils (ANCOVA with repeat measures)

Within subject effects				
Source	Sum of squares	df	F	p
Time factor (T0 – T1)	0.78	1	12.60	<0.001
Time factor* age	1.45		23.50	<0.001
Time factor * height-for-age Z-score	0.42	1	6.87	0.009
Time factor * sex	0.10	1	1.65	0.20
Time factor * treatment (school group)	1.09	2	8.86	<0.001
Time factor *sex * school group	0.99	2	0.84	0.48
Error	20.34	329	-	-
Between subject effects				
Age in months	3.75	1	32.20	<0.001
Height-for-age Z-score	0.99	1	8.50	0.004
Sex	0.14	1	1.20	0.30
Treatment (school group)	0.82	2	3.54	0.030
Sex * school group	0.08	2	0.36	0.70
Error	38.39	329	-	-

Chapitre 6 : Résultats et discussion complémentaires

Ce chapitre est consacré aux résultats de l'étude qui ne sont pas abordés dans l'article soumis (chapitre 5). Seront présentés successivement pour chaque site de l'étude les détails des résultats de l'intervention scolaire, la comparaison entre les écoliers absents et ceux présents au passage 2, les caractéristiques générales des écoliers, la relation entre le statut en vitamine A à l'enquête de base et celui à l'enquête finale. Enfin seront présentés les résultats de l'enquête effectuée dans la zone de Bogandé auprès de mères de six villages exposés ou non à l'intervention scolaire HPR.

6.1. Résultats complémentaires

6.1.1. Écoles de Kaya

6.1.1.1 Consommation de repas enrichis avec l'HPR

Comme mentionné dans la méthodologie, 15 écoles de la région de Kaya étaient concernées par l'intervention scolaire du projet HPR II. L'enrichissement des repas scolaires par l'HPR a débuté en mars 2003. À partir de cette date et en fonction de l'opération de la cantine scolaire dans chaque école, des plats enrichis avec 15 ml d'HPR et à raison de 3 repas par écolier et par semaine ont été servis dans chaque école pendant l'année scolaire 2002-2003, de mi-mars à mai 2003 (2½ mois), et pendant l'année scolaire 2003-2004, de novembre 2003 à février 2004 (4 mois dont un mois de congé pour les fêtes de fin d'année). La préparation des repas enrichis avec l'HPR dans les cantines scolaires a été précédée d'une phase préparatoire, au cours de laquelle 72 cantinières et enseignants gestionnaires de cantines scolaires ont bénéficié d'une formation sur les conditions d'hygiène à respecter dans la manipulation de l'HPR, sur le nombre de repas à enrichir par semaine pour chaque écolier et sur la mesure correcte des 15 ml d'HPR à ajouter aux plats individuels des écoliers. En outre, la gestion des stocks a été intégrée à cette formation et chaque enseignant gestionnaire de cantine devait suivre le stock d'HPR de son école et le reporter sur les fiches de suivi qui lui ont été remises en fin de formation. Chaque école a reçu du projet les ustensiles nécessaires à la mesure et à l'addition de l'HPR aux plats. En moyenne, 60 repas enrichis devaient être

servis à chaque enfant dans chaque école, couvrant une période d'environ 6 mois. Une moyenne de 30 ± 10 repas enrichis pour l'ensemble des 15 écoliers concernés par l'intervention à Kaya ont été effectivement servis, soit en moyenne 450 ml d'HPR consommés par écolier, correspondant à un apport de 45 mg EAR. En effet, les analyses effectuées à partir d'échantillons d'HPR prélevés dans la zone de production au Burkina Faso, et conservés pendant différentes périodes allant jusqu'à trois mois, ont permis d'établir que $1 \text{ ml d'HPR} = 100 \mu\text{g EAR}$ (193). Le tableau III résume le nombre de repas effectivement servis au cours de l'intervention dans chaque école.

Tableau III : Répartition des repas enrichis en HPR par école au cours de l'intervention

Nom des Écoles	Nombre de repas servis	Quantité totale d'HPR en ml	Apport correspondant en vitamine A (mg EAR)
Damané	37	555	55,5
Bangassé	45	675	67,5
Oualga	33	495	49,5
Dem	45	675	67,5
Deiga	53	795	79,5
Damesma	25	375	37,5
Sian	32	480	48,0
Napalgué	14	210	21
Foura	15	225	22,5
Konkin	32	480	48
Kalambaogo	25	375	37,5
Sanrogo	15	225	22,5
Basnére	11	165	16,5
Toécé	47	705	70,5
Silga-Rasla	27	405	40,5

6.1.1.2. Promotion de l'HPR dans le cadre de l'intervention scolaire

A Kaya, les activités de promotion de l'HPR ont été conduites à partir du début de la phase II du projet HPR, c'est à dire juillet 2002. Elles ont été précédées d'une phase préparatoire au cours de laquelle il a fallu rencontrer les autorités coutumières, les leaders d'opinions et les parents d'écoliers de chaque village, sans compter les rencontres plus formelles au niveau ministériel pour que l'intervention scolaire soit approuvée. Ces rencontres ont servi de cadre pour promouvoir l'HPR, mais elles ont été

aussi et surtout d'excellentes occasions pour sensibiliser les populations à la réalité de l'avitaminose A et de ses conséquences et pour expliquer que les moyens de lutte contre celles-ci ne sont pas seulement du domaine médical mais aussi alimentaire. La promotion de l'HPR a été assurée sur la base d'activités communautaires. À six reprises, les JNV/JNM ont été une occasion pour les animatrices de procéder à des démonstrations de repas enrichis pour nourrissons. Il s'est agi de préparer trois sortes de repas enrichis en HPR, à savoir : de la bouillie de petit mil au lait, de la sauce au soubala et celle aux feuilles vertes à l'arachide (voir annexe 3.2 pour la composition de ces bouillies). Ces activités ont vu la participation de 1155 personnes (femmes et enfants) de 9 villages, dont 6 de cette phase II et 3 de la phase I. En outre, les activités de formation des comités de gestion des 8 villages du premier groupe d'intervention scolaire ont également servi de cadre pour des démonstrations de repas enrichis pour nourrissons, avec la participation, cette fois, de 1539 personnes dont 63 hommes. La promotion de l'HPR s'est également faite par radio avec des spots publicitaires et une émission débat sur l'HPR, diffusés aux grandes heures d'écoute en français et en langue nationale mooré à la radio locale de Kaya dès février 2004, à la fréquence de 3 fois par jour pendant 15 jours. Outre ces activités, il faut ajouter qu'un concours de théâtre scolaire sur le thème de l'HPR a été organisé dans les 8 écoles du premier groupe, de mars à mai 2004.

6.1.1.3. Impact sur le statut en rétinol sérique des écoliers à Kaya

Pour mesurer l'impact de l'intervention sur le statut du rétinol sérique des écoliers, une enquête de base et de suivi a été réalisée (voir méthodologie). À Kaya, 239 écoliers repartis dans 15 écoles ont été recrutés au hasard lors de l'enquête de base en mars 2003. Une année plus tard, 214 de ces écoliers ont été retrouvés, soit un taux de perdus de vue de 10,5%. Ces pertes de vue sont attribuées à des transferts et à des abandons (3% et 7,5% respectivement). Les abandons scolaires sont souvent imposés par les parents en raison du manque de moyens pour l'achat de fournitures scolaires ou du besoin de main d'œuvre pour les travaux champêtres et domestiques: ceci vient illustrer les difficultés de scolarisation des enfants.

6.1.1.3.1. Comparaison des caractéristiques des écoliers présents/absents au deuxième passage

Comme mentionné dans la méthodologie, le risque de biais que les sujets absents à la fin de l'intervention peuvent induire dans les résultats existe seulement si les sujets ne sont pas absents de façon aléatoire. Il faut donc vérifier si les écoliers absents au passage 2 sont significativement différents de ceux qui étaient présents.

Les écoliers absents au passage 2 se retrouvent dans les 15 écoles de l'intervention avec en moyenne 1,7 écoliers absents par école. Le tableau IV présente les caractéristiques des absents en comparaison avec les écoliers présents au passage 2. Du point de vue du sexe, de l'âge et des données anthropométriques, on n'observe aucune différence significative entre les deux groupes d'écoliers. La prévalence de la carence en rétinol sérique, sévère ou pas, tend à être plus importante chez les absents sans pour autant être statistiquement significative. On note cependant que la moyenne du rétinol sérique est significativement plus basse chez les absents.

Tableau IV : Caractéristiques des écoliers absents au passage 2 à Kaya

	Écoliers présents (n=214)	Écoliers absents (n=25)	p
Moyenne d'âge en mois	102±19	99±16	0.44
% d'écoliers dont la cote-Z d'IMC est <-2.0	12.10 (8.1-16.1)	12.00 (0-24)	0.76
% d'écoliers dont la cote-Z taille pour âge est <-2.0	9.80 (5.9-13.7)	4.00 (3-11)	0.55
Rétinol sérique (µmol/l)	0.77 ± 0.37	0.59± 0.29	0.02
% rétinol sérique <0.70 µmol/l	47.20 (40.5-53.9)	68.00 (50-86)	0.051
**% rétinol sérique < 0.35µmol/l	15.00 (8-22)	35.00 (13-57)	0.090
% Filles	43.00 (36-50)	32.00 (14-50)	0.30

Moyenne±ET, ou % (IC 95%)

**% des carences de chaque groupe, soient n=101 pour les présents et n=17 pour les absents

6.1.1.3.2. Caractéristiques générales des écoliers aux deux passages

Sur l'ensemble des 214 écoliers qui ont été suivis, 43% étaient des filles et elles étaient statistiquement moins nombreuses que les garçons. L'âge moyen des écoliers était de 102 mois à l'enquête de base sans différence entre garçons et filles. La prévalence de l'émaciation (faible IMC) était de 12,1% et se situait dans les mêmes proportions pour les filles (13,1%) et les garçons (10,9%). La prévalence du retard de croissance était significativement plus importante chez les garçons (13,9%) que chez les filles (4,3%), ($p=0,02$). On note cependant que 1,8% de ces écoliers étaient à la fois en retard de croissance et maigres au passage 1. Une année après, à la même période, les prévalences de la malnutrition et du retard de croissance sont restées les mêmes chez les filles, avec toujours la même différence statistiquement significative entre filles et garçons pour le retard de croissance (voir tableau V ci-dessous). Chez les garçons, si la prévalence du retard de croissance est restée pratiquement inchangée, l'émaciation s'est cependant aggravée sans pour autant être statistiquement significative ($p=0,072$). En fin d'étude, ce sont 2,3% des écoliers qui présentaient la double tare de retard de croissance et d'émaciation. On peut noter que 7% des écoliers avaient été absents pendant les 15 jours précédant l'enquête de base, dont 2,3% pour cause de paludisme et les 4,7% restants pour motifs non liés à la santé. Toutes les absences liées à la santé ont duré un jour, tandis que les autres avaient duré trois jours. En outre, on ne notait pas de différence significative dans la rétinolémie des élèves ayant été absents dans la quinzaine précédant l'enquête de base et les autres.

Tableau V : Répartition des écoliers de Kaya selon l'âge, le sexe et leurs caractéristiques anthropométriques

	**Filles (n=92)	Garçons (n=122)	P	Total (n=214)
Passage 1				
Âge en mois	102±18	102±20	0,9	102±19
cote-Z d'IMC	-1,01±0,80	-1,00±0,90	0,95	-1,00±0,90
% d'écoliers dont la cote-Z d'IMC <-2,0	13,1 (6,9-20)	10,9 (5,4-16,4)	0,40	12,1 (8,1-16,1)
cote-Z taille pour âge	0,05±1,40	-0,12±1,50	0,40	0,045±1,40
% d'écoliers dont la cote-Z taille pour âge <-2,0	4,3 (0,8-7,8)	13,9 (7-20,9)	0,02	9,8 (5,9-13,7)
Absentéisme avant l'enquête de base	7,6 (2,6-12,6)	6,5 (2,5-10,5)	0,76	7,0 (4-10)
Passage 2				
cote-Z d'IMC	-1,00±1	-0,98±1	0,88	-0,99±1
% d'écoliers dont la cote-Z d'IMC <-2,0	13,1 (6,9-20)	18,5 (11,7-25,3)	0,13	15,4 (10,6-20,2)
cote-Z taille pour âge	-0,038±1,25	-0,24±1,40	0,30	-0,15±1,36
% d'écoliers dont la cote-Z taille pour âge <-2,0	13,9 (7-20,9)	5,4 (1,4-9,4)	0,04	10,3 (6,3-14,3)

Moyenne±ET. ou % (IC 95%)

** Proportion des filles statistiquement plus faible que les garçons (p=0,003)

6.1.1.3.3. Lien entre la consommation d'HPR et l'évolution de la rétinolémie des écoliers

Les écoliers sélectionnés pour l'évaluation d'impact ont consommé en moyenne 28,4±10 repas enrichis en HPR, correspondant à une quantité moyenne de 425,4±150 ml d'HPR, soit 42,5±15 mg d'EAR avec le facteur de conversion 6 :1 des β-carotènes, ou 21,25±7,5 mg avec le nouveau facteur de conversion 12 :1 (75). Ainsi, donc, les écoliers ont consommé en moyenne les 3/4 ou le 1/3 (selon le facteur de conversion utilisé) de la capsule de VA de 60 mg utilisée dans les campagnes de distribution massive de VA. En divisant le nombre de repas enrichis en quartiles, on peut noter (Tableau VI) que, quel que soit le quartile considéré, les écoliers n'avaient pas une rétinolémie moyenne différente, ni un taux différent de faible rétinolémie, au passage 2. Un effet de seuil, s'il existe, n'a pu être mis en évidence dans l'étude.

Tableau VI : Statut en rétinol sérique des écoliers de Kaya selon le nombre de repas HPR consommés

	Nombre de repas HPR consommé				p
	≤15	≤32	≤38	>38	
Nombre d'écoliers =214	56	69	43	46	
Rétinol sérique au passage 2 μmol/l	1.08±0.41	1.03±0.43	1.11±0.43	1.04±0.32	0.75
% rétinol sérique <0.70 μmol/l	14.3%	13.0%	9.3%	15.2%	0.84

6.1.1.3.4. Relation entre le statut en rétinol sérique du passage 1 et 2

Le tableau VII montre que parmi les 101 écoliers carencés au passage 1, 86% ont une rétinolémie normale après une année d'intervention. Cependant, 12% de ceux qui avaient une rétinolémie normale au passage 1 avaient une rétinolémie <0,7 μmol/l un an plus tard. Il faut noter toutefois que ceux-ci avaient une rétinolémie moyenne de 0.86 ± 0.23 μmol/l, donc proche de la valeur seuil (0,7 μmol/l) à l'enquête de base. Parmi les 14 écoliers qui sont restés carencés, 10 (72%) ont vu néanmoins leur rétinolémie s'améliorer par rapport à sa valeur initiale. Sur l'ensemble, au 2^e passage, 13,1% des écoliers étaient carencés contre 47,2% à l'enquête de base.

Tableau VII : Statut en vitamine A des écoliers de Kaya au premier et deuxième passage

Rétinolémie au passage 1 (%)	Rétinolémie au passage 2 (%)		Total
	<0.70 μmol/l	≥0.70 μmol/l	
<0.70 μmol/l	13.9 (7.2-20.6)	86.1 (79.4-92.8)	101 (47.2%)
≥0.70 μmol/l	12.4% (6.4-18.4)	87.6% (81.6-93.6)	113 (52.8%)
Total	28 (13.1%)	186 (86.9%)	214 (100%)

Le Tableau VIII permet de noter que les écoliers qui sont passés du statut de carencés à celui de normal après l'intervention sont à l'enquête de base, du point de vue de la rétinolémie moyenne, tout à fait similaires à ceux qui sont restés carencés. En outre, les écoliers qui ont conservé un statut normal n'ont pas une rétinolémie initiale différente de celle des écoliers qui ont régressé. Il n'y a pas non plus de différence entre le nombre de plats enrichis consommés par les écoliers de ces différents groupes. En revanche, on note une tendance à une plus faible rétinolémie initiale chez les écoliers normaux au 1^e passage mais carencés au second, comme évoqué plus haut.

Tableau VIII: Rétinolémie initiale des écoliers de Kaya dont la rétinolémie s'est améliorée ou détériorée en fin d'intervention

	Écoliers carencés à l'enquête de base			Écoliers à statut normal à l'enquête de base		
	Carencés au deux passages (n=14)	Devenus normaux (n=87)	p	Normal au deux passages (n=99)	Devenus carencés au passage ² (n=14)	p
Rétinolémie moyenne ($\mu\text{mol/l}$)	0.49±0.13	0.47±0.11	0.53	1.02±0.31	0.86±0.23	0.06
Nombre de repas HPR	23±12	25±10	0.47	33±8.8	30±9.6	0.27

6.1.2. Écoles de Bogandé

6.1.2.1. Consommation d'HPR

À Bogandé, l'intervention scolaire a commencé en novembre 2003 après une enquête de base et s'est poursuivie jusqu'en mai 2004. Elle concernait 24 écoles de la circonscription de Bogandé, qui avaient une cantine scolaire fonctionnelle. Ces 24 écoles ont été réparties au hasard dans 3 groupes G_1 , G_2 et G_3 de 8 écoles chacune. Les 8 du groupe G_3 bénéficiaient de l'enrichissement en HPR des plats servis dans leur cantine pendant l'année scolaire 2003-2004. Le nombre de repas enrichis à l'HPR dépendait du fonctionnement de la cantine scolaire. En effet, l'HPR était disponible dès novembre 2003 dans toutes ces écoles concernées par l'intervention. À partir de cette date et en fonction de l'opération de la cantine scolaire dans chaque école, des repas enrichis avec 15 ml d'HPR par plat d'écolier et à raison de 3 plats par semaine ont pu être servis de novembre 2003 à juin 2004. La préparation des repas enrichis avec l'HPR dans les cantines scolaires a été précédée, comme à Kaya, d'une phase préparatoire au cours de laquelle 24 cantinières et enseignants gestionnaires de cantines scolaires ont bénéficié d'une formation sur les conditions d'hygiène à respecter dans la manipulation de l'HPR, sur le nombre de repas à enrichir par semaine pour chaque écolier et sur la mesure correcte des 15 ml d'HPR pour cet enrichissement. En outre, la gestion des stocks a été intégrée à cette formation et chaque enseignant gestionnaire de cantine devait suivre le stock d'HPR de son école et le reporter sur les fiches de suivi qui lui ont été remises en fin de formation. Chaque école a reçu du projet les ustensiles nécessaires à l'addition d'HPR aux plats des élèves. Au total, 78 repas enrichis devaient être servis dans chaque école, couvrant une période d'environ 6 ½ mois. Une moyenne de 53 ± 14 plats enrichis ont été servis dans les 8 écoles concernées par l'intervention scolaire à Bogandé, soit 795 ml d'HPR par écolier, correspondant à un apport de 79.5 mg EAR par écolier (1ml d'HPR=100 µg EAR) (225). Le tableau IX résume le nombre de repas effectivement servis au cours de l'intervention, par école.

Dans le groupe G_2 , outre la cantine scolaire, des capsules de vitamine A à raison d'une capsule de 200 000 UI (60mg EAR) par écolier ont été distribuées en juin 2004 aux

écoliers de ces 8 écoles. Dans le groupe G₁ enfin, les écoles n'ont bénéficié que de la cantine scolaire seule.

Tableau IX : Répartition des repas enrichis en HPR par école au cours de l'intervention à Bogandé

Nom des Écoles	Nombre de repas HPR servis	Quantité totale d'HPR (ml)	Apport correspondant en vitamine A (mg EAR)
Bogandé C	82	1230	123,0
Bogandé D	49	735	73,5
St Pierre	62	930	93,0
Léoura	51	765	76,5
Samou	37	555	55,5
Kodjéna	49	735	73,5
Tipoli	29	435	43,5
Ognoadéni	65	975	97,5

6.1.2.2. Promotion de l'HPR dans le cadre de l'intervention scolaire à Bogandé

A Bogandé également, les activités de promotion de l'HPR ont été conduites dès le début de la phase II du projet. Dans le processus de mise en place des activités du projet, comme ce fut le cas à Kaya, les autorités coutumières, les leaders d'opinions et les parents d'écoliers de chaque village ont été rencontrés avant le démarrage effectif des activités. La Direction provinciale de l'enseignement de base et de l'alphabétisation (DPEBA) avait également approuvé l'intervention et assuré de son appui. Toutefois, à la différence de Kaya, les activités de promotion ont véritablement pris leur envol à partir de l'introduction de l'HPR dans les écoles de la circonscription, car il n'y avait pas eu d'intervention préalable à l'échelle des communautés. Là aussi l'animatrice a profité des JNV/JNM tenues en mai 2004 pour faire une démonstration culinaire précédée d'une causerie qui avait comme support visuel la boîte à image développée et testée dans le cadre du projet HPR. Par ailleurs, des comités de gestion pour la vente au détail de l'HPR au niveau des villages ont été implantés dans 3 villages de G₁ (Nagaré, Ouadangou, Diaka) et 3 villages de G₃ (Bogandé C, Bogandé D, Léoura).

6.1.2.3. Impact sur le statut en vitamine A des écoliers à Bogandé

Une enquête de base et de suivi a été menée à cette fin. En novembre 2003, 384 écoliers sélectionnés dans 24 écoles de la circonscription scolaire de Bogandé ont fait l'objet d'une première enquête en vue de l'évaluation de l'impact de l'intervention HPR. Dans chaque groupe d'écoles, 128 écoliers ont été sélectionnés au hasard pour faire partie de l'échantillon de l'évaluation d'impact. Une année après l'enquête de base, soit en novembre 2004, 337 des 384 écoliers ont été retrouvés, soit 12% de pertes de vue, attribuables aux transferts d'écoliers dans 10% des cas et à l'abandon de l'école pour 90% des cas. Ces abandons sont dus soit au manque de moyens des parents pour payer les frais de scolarité soit, et cela surtout dans le cas particulier de Bogandé, au fait que ces écoliers sont retenus par les parents pour les travaux champêtres ou pour le gardiennage des animaux.

6.1.2.3.1. Comparaison des caractéristiques des écoliers de chaque groupe présents et ceux absents en fin d'intervention

Sur l'ensemble des écoliers sélectionnés dans les trois groupes pour l'évaluation d'impact, les perdus de vue se répartissent approximativement dans les mêmes proportions dans les trois groupes d'écoliers et les différences observées n'étaient pas statistiquement significatives (soit 17%, 8,6% et 10,9% respectivement dans G_1 , G_2 , et G_3 ; $p=0,095$), si bien que ces trois groupes restent comparables de ce point de vue (voir Tableau X). Dans le groupe G_1 , l'âge moyen des absents de l'enquête finale est significativement plus élevé que celui des présents, ce qui est compatible avec leur absence pour motif d'occupations agricoles et pastorales. Dans le groupe G_2 , c'est la rétinolémie moyenne des absents qui est significativement supérieure à celle des présents. Pour les autres caractéristiques générales des groupes G_1 et G_2 on ne note aucune différence significative entre les présents et les absents. Dans le groupe G_3 il n'y avait aucune différence entre les caractéristiques des absents et ceux qui ont été suivis.

En outre, dans chacun des trois groupes, comme on peut le voir dans le Tableau IX, il n'y a pas de différence significative entre le nombre de garçons et de filles recrutés dans l'étude, même si dans le groupe témoin négatif les filles ont tendance à être moins

nombreuses que les garçons. D'autre part les résultats complémentaires à l'article (chapitre 5) permettent de voir l'influence du sexe, dans ces différents groupes, sur les autres variables.

Tableau X : Comparaison des caractéristiques générales des écoliers absents et présents au passage 2 à Bogandé

	G ₁			G ₂			G ₃		
	Présents (n=106)	Absents (n=22)	P	Présents (n=117)	Absents (n=11)	P	Présents (n=114)	Absents (n=14)	P
% Filles	43.0 (38-48)	36.0 (16-56)	0.54	49.0 (40-58)	36.0 (8-64)	0.43	49.0 (40-58)	36.0 (11-61)	0.34
% Garçons	57.0 (52-62)	64.0 (44-84)	0.54	51.0 (42-60)	64.0 (36-92)	0.43	51.0 (42-60)	64.0 (39-89)	0.34
Âge en (mois)	94±20	105±27	0.02	101±20	108±31	0.41	102±22	101±20	0.87
Cote-Z d'IMC <-2,0 (%)	11.3 (5,3-17,3)	27.3 (9,3-45,3)	0.10	11.1 (5,5-16,7)	18.2 (3,8-40,2)	0.83	15.8 (9,2-22,4)	14.0 (4-32)	0.80
Cote-Z de Taille pour âge <-2,0 (%)	9.4 (4,4-14,4)	4.5 (-3,5-12,5)	0.70	11.1 (5,5-16,7)	18.2 (-3,8-40,2)	0.83	10.5 (4,9-16,1)	7.0 (-6-20)	0.94
Rétinol sérique (µmol/l)	0.96±0.36	0.83±0.30	0.12	0.77±0.28	0.97±0.34	0.03	0.82±0.30	0.85±0.25	0.72
Rétinolemie <0.70 µmol/l (%)	23.6 (15,6-1,6)	36.4 (16,4-6,4)	0.21	46.2 (37,2-5,2)	27.3 (1,3-53,3)	0.37	40.4 (31,4-49,4)	29.0 (6-52)	0.39

Moyenne±ET. ou % (IC 95%)

6.1.2.3.2. Caractéristiques anthropométriques des écoliers

À l'enquête de base dans les trois groupes G₁, G₂, G₃, respectivement 11,3%, 11,1% et 15,3% des écoliers étaient émaciés, tandis que 9,4%, 11,1% et 10,5% de ces mêmes groupes étaient en retard de croissance. Un seul écolier des groupes G₁ et G₂ cumulait à la fois émaciation et retard de croissance, ce qui n'était pas observé dans le groupe G₃. La prévalence du retard de croissance s'est maintenue dans tous les groupes, sauf dans le groupe G₃ où elle est passée de 10,5% à 8% des écoliers. Cependant la prévalence de l'émaciation, comme le montre le Tableau XI, s'est significativement aggravée dans chaque groupe, passant de 10% environ à approximativement 25%, avec 2, 3 et 4 écoliers, respectivement de G₁, G₂ et G₃, cumulant émaciation et retard de croissance. Cela est probablement en rapport avec la saison pluvieuse particulièrement mauvaise au cours du suivi dans cette zone rurale entièrement tributaire des récoltes agricoles. Les écoliers du groupe G₁ ont toutefois un meilleur état nutritionnel global révélé par l'anthropométrie que ceux des groupes G₂ et G₃ ce qui pourrait s'expliquer par le fait que plus de la moitié des villages correspondants sont de grands centres de transactions commerciales de produits agricoles et pastoraux.

Tableau XI Données anthropométriques des écoliers de Bogandé au cours des deux passages

		Passage 1	Passage 2	p
G₁ (n=106)	Cote-Z d'IMC	-0.90±0.95	-1.25±1.26	
	Écoliers dont la cote-Z d'IMC est <-2.0 (‰)	11.3 (5.3-17.3)	24.0 (16-32)	0.02
	Cote-Z taille pour âge	*0.55±1.90	*0.43±1.60	
	Écoliers dont la cote-Z de taille pour âge est <-2.0 (‰)	9.4 (4.4-14.4)	9.4 (4.4-14.4)	1
G₂ (n=117)	Cote-Z d'IMC	-0.93±0.96	-1.3±1.00	
	Écoliers dont la cote-Z d'IMC est <-2.0 (‰)	11.1 (5.5-16.7)	24.0 (16-32)	0.009
	Cote-Z taille pour âge	*-0.16±1.50	*-0.33±1.20	
	Écoliers dont la Cote-Z de Taille pour âge est <-2.0 (‰)	11.1 (5.5-16.7)	11.6 (5.6-17.6)	0.83
G₃ (n=114)	Cote-Z d'IMC	-1.13±0.88	-1.40±0.99	
	Cote-Z d'IMC <-2.0 (‰)	15.8 (9.2-22.4)	26.0 (18-34)	0.049
	Cote-Z taille pour âge	*-0.38±1.56	*-0.33±1.20	
	Cote-Z de taille pour âge est <-2.0 (‰)	10.5 (4.9-16.1)	8.0 (3-12)	0.49

Moy=ét ou ‰(IC95%)

* cote-Z Taille pour âge significativement plus grande G₁ que dans les deux autre groupe G₂ et G₃ (p<0.001)

6.1.2.3.3. Lien entre la consommation d'HPR et l'évolution de la rétinolémie des écoliers

Les écoliers de l'évaluation d'impact ont consommé en moyenne 52.4 ± 15.6 repas enrichis en HPR, soit en moyenne 786 ± 234 ml d'HPR, correspondant à un apport de 78.6 ± 23.4 mg d'EAR avec le facteur de conversion 6 :1 et de 39.3 ± 3 mg d'EAR avec le facteur 12 :1 (75). Les écoliers ont consommé entre un peu plus qu'une capsule de VA de 60 mg d'EAR utilisée dans cette étude, ou les 2/3 de cette capsule, selon le facteur de conversion retenu. En répartissant le nombre total de repas enrichis en quartiles, on voit (Tableau XII) que la rétinolémie moyenne des écoliers est significativement différente selon les quartiles. Ceux qui ont consommé moins de 39 repas HPR et ceux qui en ont consommé plus de 62 semblent avoir une rétinolémie moyenne significativement plus basse que ceux qui en ont reçu entre 50 et 62. La vérification avec le post test de Bonferroni montre que les rétinolémies moyennes de ceux qui ont consommé jusqu'à 62 repas sont similaires. Cependant, la rétinolémie moyenne de ceux qui ont reçu entre 40 et 49 repas a tendance à être significativement plus élevée que la rétinolémie des plus de 62 repas ($p=0.090$). Les écoliers qui avaient entre 50 et 62 repas enrichis ont une rétinolémie moyenne significativement plus élevée que celle des écoliers avec plus de 62 repas enrichis. Ceci apparaît plutôt paradoxal. Si la consommation de l'HPR est nécessaire pour l'amélioration du statut en VA, trop de repas par contre semble avoir moins d'efficacité. D'autre part, le taux de faible rétinolémie était non différent, statistiquement parlant dans tous les quartiles.

Tableau XII : Statut en rétinol sérique des écoliers de Bogandé selon le nombre de repas HPR consommés

	Quartiles pour le nombre de repas HPR consommés. groupe G2 (n=114)				p
	≤39	≤49	≤62	>62	
Nombre d'écoliers	26	35	26	27	
Rétinol sérique au passage 2 ($\mu\text{mol/l}$)	0.89 ± 0.28	1.01 ± 0.29	1.05 ± 0.26	0.84 ± 0.22	0.015
Rétinol sérique $<0.70 \mu\text{mol/l}$ (%)	23.1%	8.6%	7.7%	22.2%	0.20

6.1.2.3.4. Relation entre le statut en rétinol sérique aux passages 1 et 2

Au regard de ce que montre le Tableau XIII, on peut noter que près de 80% des écoliers carencés au passage 1 dans les groupes G₂ et G₃ ont corrigé leur carence après l'intervention : la différence de taux de faible rétinolémie était statistiquement significative dans le groupe avec capsule et dans le groupe avec HPR. Chez les écoliers de groupe G₁, la proportion des écoliers carencés au passage 1 n'a pas significativement changé en fin d'étude, comme on pouvait s'y attendre : tout de même, 56% de ces écoliers carencés au passage 1 ont corrigé leur carence. On peut noter également que certains écoliers qui avaient une rétinolémie normale au cours du premier passage se sont retrouvés avec une faible rétinolémie à l'enquête finale. Cette détérioration est présente dans les trois sites, mais le taux n'est que de 4,9% dans le groupe témoin négatif alors qu'il dépasse les 10% dans les groupes capsules ou HPR : la différence est significative (p<0,05).

Tableau XIII : Relation entre le statut en rétinol sérique des écoliers de Bogandé aux deux passages

	Rétinolémie Passage2		p
	<0.70 µmol/l	≥0.70 µmol/l	
Rétinol sérique passage 1 <0.70 µmol/l			
G ₁ (n=25)	44.0	56.0	0.39
G ₂ (n=54)	22.2	77.8	<0.001
G ₃ (n=46)	21.7	78.3	<0.001
Rétinol sérique passage 1 ≥0.70 µmol/l			
G ₁ (n=81)	*4.9	95.1	<0.001
G ₂ (n=63)	*12.7	87.3	<0.001
G ₃ (n=68)	*10.3	89.7	<0.001

*Pas de différence significative entre la détérioration de la rétinolémie dans les groupes G₂ et G₃ que dans le groupe G₁ p=0.048

Lorsque l'on regarde la rétinolémie (Tableau XIV) des écoliers carencés au départ, ceux qui ont amélioré leur statut et ceux qui n'ont pas changé n'étaient pas différents. De même, parmi ceux qui avaient un statut normal, ceux qui ont régressé n'étaient pas différents de ceux qui ont maintenu leur statut, encore que ceux qui ont régressé vers une faible rétinolémie avaient au départ une rétinolémie qui tendait à être plus faible que ceux qui se sont maintenus. Dans le groupe G₃ il n'y avait aucune différence non plus dans le nombre de plats enrichis consommés par les écoliers de ces différentes catégories.

Tableau XIV : Comparaison des écoliers de Bogandé qui ont amélioré ou détérioré leur rétinolémie en fin d'intervention

	Écoliers carencés à l'enquête de base			Écoliers à statut normal à l'enquête de base		
	Carencés au deux passages	Devenus normaux	p	Normaux au deux passages	Devenus carencés au passage 2	p
G ₁	n=11	n=14		n=77	n=4	
Rétinolémie initiale (µmol/l)	0.52±0.13	0.54±0.10	0.46	1.10±0.31	0.82±0.09	0.15
G ₂	12	42		55	8	
Rétinolémie initiale (µmol/l)	0.54±0.07	0.52±0.13	0.28	0.99±0.20	0.95±0.20	0.63
G ₃	N=10	N=36		N=61	N=7	
Rétinolémie initiale (µmol/l)	0.59±0.06	0.55±0.10	0.10	1.02±0.26	0.82±0.16	0.30
Nombre de repas HPR	60±19	51±18	0.30	53±11	48±22	0.25

6.1.3. Résultats de l'enquête auprès de mères d'écoliers à Bogandé

Une enquête transversale a été conduite en fin d'intervention auprès de mères d'écoliers de la circonscription de Bogandé. L'enquête a concerné 6 villages/écoles dans lesquels un comptoir de vente d'HPR au détail était déjà installé et fonctionnel au niveau du village, de sorte que les autres mères d'écoliers étaient exclues de cette enquête. L'objectif était de voir l'impact de l'intervention scolaire sur la pénétration de l'HPR dans les ménages. C'est ainsi que des mères d'écoliers de 3 villages du groupe G₁ ont été comparées à celles de 3 villages du groupe G₃. Au total, 90 mères de 101 écoliers répartis dans trois écoles du groupe G₁ (n=42) et trois autres du groupe G₃ (n=48) étaient touchées par cette enquête. Sur les 90 mères concernées, 71 dont 29 de G₁ et 42 de G₃ ont effectivement été interviewées. Dans cette section seront présentées de façon comparative les caractéristiques socio-économiques des mères et des ménages où elles vivent, leurs connaissances sur la cécité nocturne, de même que leurs connaissances, attitudes et pratiques en lien avec l'HPR et les activités du projet.

6.1.3.1. Caractéristiques socio-économiques des femmes interviewées

Le Tableau XV présente les caractéristiques sociodémographiques des femmes interviewées selon le site d'intervention. L'âge moyen est de 35 ± 9 ans pour les femmes des villages appartenant au groupe G₁ et de 38 ± 9 ans pour celles venant des trois villages du groupe G₃, sans différence statistiquement significative. Dans chaque groupe, quasiment toutes les femmes étaient mariées : environ la moitié dans un ménage polygame, l'autre moitié dans un ménage monogame. Les mêmes réalités socio-démographiques sont vécues sans différence aussi bien par les mères de G₁ que de G₃.

Tableau XV : Caractéristiques démographiques des mères d'écoliers de Bogandé selon le site d'enquête

Caractéristiques des femmes	Site de l'interview			p
	Total (n=71)	Villages du G1 (n=29)	Villages du G3 (n=42)	
Âge en années (moyenne±ET)	36,7±9	35± 9	38 ± 9	0,20
Statut matrimonial (°o)				
Mariee. ménage monogame (°o)	46,0	42,0	50,0	0,50
Mariee. ménage polygame (°o)	51,0	55,0	48,0	0,53
Veuve (°o)	1,5	0	2,0	-
Célibataire (°o)	1,5	3,0	0	-

Dans le Tableau XVI, on peut noter sans égard au groupe d'intervention que, dans environ 50% des cas, aussi bien les femmes que leurs époux sont sans instruction. Toutefois, environ 40% des femmes et de leurs maris dans les deux sites étaient alphabétisés en langue nationale Gourmatchéma. En ce qui concerne la principale activité source de revenus, il y avait une différence entre les femmes et leurs maris, tenant certainement à l'organisation sociale qui prédéfinit les possibilités de choix selon le genre. Plus de 90% des femmes dans les deux sites ont le jardinage de case et la vente de condiments comme sources de revenus. Les principales sources de revenus chez les maris sont l'agriculture et l'élevage qui sont combinés dans cette région. On trouve cependant dans le village du groupe G₁ des maris (10%) qui n'ont pour source de revenus que le commerce.

Tableau XVI : Caractéristiques socio-économiques du couple mère/père selon le site de l'enquête à Bogandé

	Villages du G1 (n=29)		Villages du G3 (n=42)	
	Femme	Mari	Femme	Mari
Niveau d'instruction				
Sans Instruction (%)	55.0	52.0	48.0	45.0
École coranique (%)	-	7.0	3.0	3.0
Alphabétisation (%)	38.0	35.0	41.0	43.0
École primaire (%)	3.5	6.0	4.0	9.0
École secondaire (%)	3.5	-	4.0	-
Source de Revenu				
Petit élevage (%)	3.0	-	-	-
Jardinage de case (%)	45.0	-	60.0	-
Vente de condiments (%)	52.0	-	40.0	-
Commerce (%)	-	10.0	-	-
Agriculture et élevage	-	83.0	-	97.6
Artisanat (%)	-	7.0	-	-
Chauffeur (%)	-	-	-	2.4

Le Tableau XVII montre que si le type de concessions dans lesquels vivent les mères ne diffère pas significativement entre les deux sites (G_1 et G_3), l'eau de la fontaine publique est par contre significativement plus utilisée dans les ménages de G_3 ($p=0,042$). De même, la disponibilité de latrines au sein du ménage est significativement plus élevée dans G_3 ($p=0,024$) que dans les ménages des femmes de G_1 . Une concession dont les maisons sont couvertes de tôles, où l'eau utilisée vient de la fontaine publique, et qui dispose en son sein d'une latrine, peut être jugée comme jouissant d'un meilleur statut socio-économique. Toutefois, dans cette région où les croyances traditionnelles demeurent encore fortes, ne pas disposer des commodités citées peut traduire la peur de heurter les ancêtres, ou tout simplement le refus du changement, sans que cela n'ait de lien avec le statut socio-économique. En supposant que cela traduit bien le statut socio-économique, on pourrait ainsi dire les mères de G_3 sont d'un meilleur statut économique que celles de G_1 . Cependant, les données sur le statut anthropométrique des écoliers laissaient croire que le groupe G_1 jouissait d'un niveau socio-économique plus élevé.

Tableau XVII : Type d'habitat des mères interviewées selon le site à Bogandé

		Total (n=71)	Villages du G1 (n=29)	Villages du G3 (n=42)	p
Type de concession	Case en banco	53.0	65.5	45.0	0.092
	Maison tôle	47.0	34.5	55.0	
Source d'eau	Puits villageois	25.0	38.0	17.0	0.042
	Fontaine publique	75.0	62.0	83.0	
Toilettes utilisées	Latrine	20.0	7.0	28.0	0.024
	Nature	80.0	93.0	72.0	

6.1.3.2. Connaissances des mères d'écoliers sur la cécité nocturne

Comme on peut le voir dans le Tableau XVIII, la cécité nocturne était connue de 65,5% des mères des 3 villages témoins négatifs (G₁) et de 81% des femmes des 3 villages HPR (G₃). De façon générale, 75% des mères d'écoliers connaissaient la cécité nocturne et le terme «Kugnagu Djuono» dans la langue nationale locale, qui veut dire en traduction littérale «cécité de la nuit», est spécifique à cette affection. Parmi les femmes qui connaissent la cécité nocturne, 47% de celles de G₁ et 26% de celles de G₃ en avaient souffert lors de leur dernière grossesse, alors que 36,8% et 55,9% respectivement de celles du G₁ et du G₃ reconnaissent qu'un membre de leur famille en avait déjà souffert. Quand la cécité nocturne était présente dans un ménage, elle touchait les femmes dans plus de 80% des cas. Des mères qui connaissaient la cécité nocturne, 38% pensaient qu'elle est due à une mauvaise alimentation, pendant que 56% en ignoraient la cause; il n'y avait pas de différences de réponses entre les groupes G₁ et G₃. Les mêmes proportions se répètent en ce qui concerne les moyens de prévention de la cécité nocturne, confirmant ainsi la cohérence des réponses. En effet, 36% de ces femmes pensent qu'en mangeant plus de viande et d'œuf, la cécité nocturne peut être évitée. Face à la cécité nocturne, le comportement des mères est similaire dans les deux groupes. En effet, si 11% d'entre elles ne savent quoi faire, 63% de celles de G₁ et 47% de celles de G₃ préfèrent s'en remettre à une consultation médicale pendant que 32% de G₁ et 35% de G₃ proposent le foie de hérisson comme traitement curatif. Peu de répondantes déclarent consulter le guérisseur pour cette affection. Le tableau 20 ci-

dessous résume les connaissances des femmes sur la cécité nocturne et il n'y a pas de différence significative entre les deux sites.

Tableau XVIII : Connaissances et antécédents de cécité nocturne des mères d'écoliers de Bogandé

	Total	Villages du G1	Villages du G3	p
Connaissance de la cécité nocturne	n=71 75%	n=29 65.5%	n=42 81.0%	0.15
ATCD. cécité nocturne à la précédente grossesse (%)	N=53 34.0	n=19 47	n=34 26	0.12
ATCD. cécité nocturne dans le ménage (%)	49.1	36.8	55.9	0.42
Personne atteinte :				
Homme (%)	7.7	14.3	4.0	-
Femme (%)	80.8	85.7	81.0	0.95
Préscolaire (%)	11.5	-	15.0	-
Causes de la cécité nocturne				
Mauvaise alimentation (%)	38	43.0	35.0	0.62
Manque de sang (%)	6	10.0	3.0	-
Ne sait pas (%)	56	47.0	62.0	0.31
Moyens de prévention				
Manger de la viande et des œufs (%)	36	32.0	38.0	0.62
Ne sait pas (%)	64	68.0	62.0	
Moyens curatifs				
Consultation médicale (%)	53	63.0	47.0	0.39
Manger du foie de hérisson (%)	34	32.0	35.0	0.79
Consultation chez le guérisseur (%)	1.8	-	3.0	-
Ne sait pas (%)	11.2	5.0	15.0	0.82

ATCD : antécédent

6.1.3.3. Connaissances attitudes et pratiques des mères d'écoliers en lien avec l'HPR et le projet

Comme le montre le tableau XIX, l'HPR était connue de 73.3% des femmes, alors que dans une étude conduite en 2002 dans un échantillon de 2560 ménages repartis sur toute la province de la Gnagna (communication personnelle du Dr Martin-Prével), seulement 22% des femmes connaissaient l'HPR. L'HPR était mieux connue des femmes du G₃ ($p < 0,001$), sans pour autant que celles-ci en aient acheté davantage. En effet, les femmes de G₁ ont été celles qui en ont le plus acheté, même si la différence n'atteignait pas le seuil de signification statistique ($p = 0,090$). Plus de 80% des femmes utilisaient l'HPR tel que le recommandait l'intervention, à savoir une adjonction en fin de cuisson. Quand on considère les raisons des femmes qui n'ont pas acheté l'HPR, on voit que si les femmes de G₃ à plus de 50% et cela de façon significative accusaient le manque d'argent, celles de G₁ à plus de 60% et là également de façon significative n'en avaient pas encore eu l'occasion, sans que cela ne soit lié à un manque d'argent. On pourrait ainsi se demander si les mères de G₁ sont financièrement plus à l'aise que celles de G₃. À l'appui de ce postulat, il y a aussi le fait que, même chez les mères ayant acheté l'HPR, 22% de G₁ contre 50% de G₃ ont estimé le coût de l'HPR élevé. Si cela devait être vrai que les mères de G₁ sont plus à l'aise que celles de G₃, ce que le statut anthropométrique des écoliers tend à étayer, l'appréciation du statut socio-économique des ménages par le type d'habitat serait alors un mauvais indicateur dans ce contexte et les raisons évoquées pour l'expliquer pourraient s'avérer. Près de 75% des mères disent avoir consommé l'HPR pour la première fois avec l'intervention, dont 68% dans leur propre village et 22% dans un village voisin. L'HPR avait déjà été consommée avant l'intervention par 10% des femmes, et cela en Côte d'Ivoire, pays situé au sud-ouest du Burkina Faso. Le goût de l'HPR était apprécié par 97% des femmes.

Tableau XIX : Connaissances, attitudes et pratiques des mères d'écoliers reliées à l'HPR selon le site à Bogandé

	Total	Villages du G ₁	Villages du G ₃	p
	n=71	n=29	n=42	
HPR connue (%)	73.23	41.0	95.0	<0.001
HPR déjà consommée (%)	44.0	34.0	50.0	0.19
HPR achetée depuis l'intervention (%)	21.0	31.0	14.0	0.090
HPR ajoutée au repas après cuisson (%)	94.0	88.0	100.0	0.12
Raison de non achat	n=56	n=20	n=36	
Manque d'argent (%)	37.5	10.0	53.0	0.002
Ignorance de la vente (%)	21.5	25.0	19.0	0.88
Occasion non encore présentée (%)	41.0	65.0	28.0	0.007
Consommation d'HPR	n=31	n=10	n=21	
Depuis l'intervention (%)	74.2	90.0	67.0	0.34
Lieu de consommation				
Dans le village où elle vit (%)	68.0	90.0	57.0	0.15
Dans un village voisin (%)	22.0	-	33.0	-
En Cote d'Ivoire (%)	10.0	10.0	10.0	-
Goût apprécié (%)	97.0	90.0	100.0	-

Résultats présentés en %

Les femmes du G₃, comme le montre ci-dessous le Tableau XX, ont été plus exposées aux activités du projet que celles du G₁ (93% contre 55%; $p < 0.001$). Si la majorité des femmes de G₁ ont été informées des activités du projet par l'animatrice (56%), celles de G₃ ont surtout été informées par leur enfant, écolier inclus dans l'échantillon de l'évaluation scolaire. Plus de 80% des femmes des deux sites se rappelaient que l'HPR était source de santé ou plus spécifiquement source de vitamines, sans pour autant savoir laquelle. Cela est probablement lié au fait que le terme « vitamine » n'existe pas en propre dans la langue locale.

Tableau XX : Niveau d'exposition des mères d'écoliers de Bogandé aux activités du projet selon le site (%)

	Total	Villages du G1	Villages du G3	p
	n=71	n=29	n=42	
Femmes qui ont entendu parler de l'HPR	77.46	55.0	93.0	<0.001
Source d'information des femmes	n=55	n=16	n=39	
Animatrice	32.7	56.0	23.0	0.020
Agent de santé du village	2.0	6.0	-	-
Femme du groupement	16.3	-	23.0	-
Écoliers	38.0	-	54.0	-
Femmes du village	11.0	38.0	-	-
Contenu de l'information retenue sur l'HPR		n=12	n=34	
Source de santé	65.0	84.0	59.0	0.23
Riche en vitamines	26.0	8.0	32.0	0.21
Soigne la cécité nocturne	4.5	-	6.0	-
Vente prochaine dans le village	4.5	8.0	3.0	-

Sur les 42 mères d'écoliers du groupe G₃, 98% étaient au courant de l'intervention dans l'école de leur enfant et 45,2% ont participé aux activités HPR. Des 19 (45,2%) mères qui ont participé aux activités HPR, 18 (94,7%) ont participé à des rencontres d'information et de sensibilisation sur l'HPR, une mère a participé à une séance de démonstration culinaire. Des 23 mères qui n'ont participé à aucune activité HPR, 7 (30,4%) étaient absentes de leur village au moment où les activités se sont déroulées, 1 (4,3%) a manqué de temps et 15 (65,2%) n'étaient pas informées du jour de la tenue de ces activités. Près de 85% de l'ensemble des mères avaient déjà discuté de l'HPR avec leurs enfants. Cependant cette discussion ne semble pas avoir particulièrement motivé les mères à en acheter, puisque seulement 17% des 35 qui en ont discuté avec leur enfant en ont acheté. Toutefois, seules les mères qui en ont discuté avec leur enfant en ont acheté. En outre, près de 50% des mères qui ont discuté de l'HPR avec leur enfant ont participé à une activité HPR, contre 28% des mères qui n'en ont jamais discuté avec leur enfant.

6.1.4. Résultats de l'intervention à Fada N'Gourma

6.1.4.1. Consommation d'HPR

Dans la région de Fada, huit écoles ont été sélectionnées pour participer à l'intervention scolaire. Ces écoles bénéficiaient déjà d'un projet de jardinage scolaire et communautaire encadré par HKI et suivi par un comité technique local incluant des enseignants et animatrices impliqués dans ce projet. Le projet HPR étant déjà en contact avec HKI, un lien a pu être fait entre l'introduction de l'HPR à l'école et dans la communauté et les activités d'animation et de jardinage. Ainsi, les groupements de femmes pour la vente de l'HPR se sont greffés sur ceux déjà en place autour de la gestion des jardins scolaires; de même, l'appui des animatrices déjà sur le terrain pour le compte de HKI a été sollicité pour la promotion de l'HPR.

Il faut cependant noter que les 8 écoles de Fada n'avaient pas encore de cantine scolaire approvisionnée par Cathwell au moment du démarrage des activités HPR, contrairement à Kaya et à Bogandé. Afin de conduire cette intervention à bien, le projet HPR a sollicité et obtenu une contribution des parents d'élèves afin que l'HPR soit servie à leurs enfants au cours de l'année scolaire, sous forme de goûters enrichis. Cette contribution des parents s'est manifestée par des dons de vivres locaux (petit mil, sorgho, haricot, maïs) comme stock de base nécessaire à la préparation de goûters pour les écoliers. Plus tard leur effort a été soutenu par le don de 7 tonnes de vivres par l'UNICEF Burkina Faso. A partir de ces vivres locaux, sept recettes de goûters ont été testées par l'ABÉSF et quatre retenues pour être servies aux écoliers (voir annexe 3 pour la composition de ces recettes). Ces quatre recettes étaient faites de trois plats du terroir gourmantché (le « Kalimbayari », le « Djoudjouna », et le « Boual-boual ») et d'un biscuit à base de farine de maïs. Ces goûters ont été enrichis avec de l'HPR et servis trois fois par semaine aux écoliers à partir de novembre 2003 et jusqu'en mai 2004, soit une période de couverture d'environ 6 mois au cours de laquelle chaque écolier devait recevoir environ 72 goûters enrichis à raison de 3 goûters enrichis de 15 ml d'HPR par semaine. La préparation des goûters enrichis avec l'HPR dans ces écoles a été précédée d'une phase préparatoire au cours de laquelle 31 cantinières, mères d'élèves, et un enseignant de chaque école, ont bénéficié d'une formation sur les conditions d'hygiène à respecter

dans la manipulation de l'HPR, sur le nombre de goûters à enrichir par semaine pour chaque écolier et sur la quantité précise de 15 ml d'HPR à ajouter pour cet enrichissement. En outre la gestion des stocks d'HPR a été intégrée à cette formation et chaque enseignant participant devait suivre le stock d'HPR de son école et le reporter sur des fiches de suivi remises en fin de formation. Chaque école a reçu du projet du petit matériel dont des cuillères de 15 ml, afin de s'assurer de l'adéquation des mesures. Le nombre moyen de goûters effectivement servis par écolier a été de 71 ± 12 , correspondant à une consommation moyenne de 1080 ml d'HPR, soit un apport moyen de 106 ± 17 mg EAR par écolier (1ml d'HPR=100µg EAR) (225). Le tableau XXI résume le nombre de goûters effectivement servis au cours de l'intervention selon les écoles.

Tableau XXI : Répartition des goûters enrichis en HPR par école au cours de l'intervention à Fada

Non des Écoles	Nombre de goûters servis	Quantité d'HPR par plat en ml	Apport en vitamine A en mg EAR
Diapangou	60	900	90
Youkin	82	1230	123
Yantenga	89	1335	133.5
Gomoré	78	1170	117
Tembou	61	915	91.5
Comboari	76	1140	114
Bomdioguin	60	900	90
Koulwoko	60	900	90

6.1.4.2. Promotion de l'HPR

La mise en place de l'intervention scolaire à Fada a nécessité dans chaque village, comme ce fut le cas à Kaya et à Bogandé, une rencontre d'information des autorités coutumières, des leaders d'opinion et des parents d'écoliers, outre l'autorisation préalable du Ministère de l'éducation et de sa direction provinciale. Ces rencontres ont en outre servi à informer et sensibiliser la population sur la VA, la réalité de la carence dans la population, les conséquences de cette carence, mais également les moyens de prévention parmi lesquels l'HPR en tant que source végétale la plus riche en vitamine A présente un intérêt particulier.

Outre ces rencontres qui ont permis de promouvoir l'HPR, les animatrices du projet dans cette localité ont pris le relais de la promotion de l'HPR en jonction avec les JNV et en accord avec les responsables de la santé. L'HPR a en outre été présentée dans les écoles maternelles de la ville de Fada. Ces activités ont été appuyées par des spots publicitaires diffusés dans la radio locale, durant le mois de mars 2003, à la fréquence de 3 diffusions aux grandes heures d'écoute par jour.

6.2. Discussion complémentaire

6.2.1. Retombées de l'intervention scolaire

L'intervention scolaire, au travers des activités d'enrichissement des repas scolaires avec l'HPR et de celles de la promotion-vente de l'HPR, a été un levier pour atteindre plus de 8000 écoliers âgés de 7 à 13 ans et leurs familles avec des messages d'information et de sensibilisation sur la VA, les causes et conséquences de sa carence et les moyens de prévention de celle-ci. Plus de 75% de ces écoliers ont effectivement bénéficié d'une moyenne de 50 repas enrichis d'HPR à raison de 15 ml par plat, sur une période de 6 mois, correspondant à une consommation moyenne de 750ml d'HPR, soit un apport total de 75 mg EAR pour une période de 4 mois d'enrichissement, ce qui revient à 0,625 mg EAR/j (625 µg EAR/j). En se référant aux recommandations en apport de sécurité (AS) formulées par le groupe d'expert FAO/OMS (226) qui est de 450 à 600 µg EAR/j, l'intervention scolaire, source d'apport supplémentaire en VA, aura permis de couvrir les AS de plus de 6000 écoliers au travers de la cantine scolaire ou des goûters enrichis en HPR pendant une durée de 4 mois. Au-delà de l'apport en VA, la consommation de l'HPR a permis aux écoliers de consommer une importante source d'antioxydants dont la vitamine E d'une part, et la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène, caroténoïdes sans activité vitaminique A, d'autre part. Ces antioxydants confèrent à l'HPR un rôle hypocholestérolémiant (192, 227, 228) de protection contre la dégénérescence maculaire (229) mais aussi de prévention de certains cancers (230-232).

L'intervention au travers des activités de promotion de l'HPR par la sensibilisation, la publicité, les émissions radiodiffusées et les démonstrations culinaires a permis non seulement de porter à la connaissance d'une population d'écoliers et de leurs familles, estimée à plus de 10 000 personnes, des informations sur l'avitaminose A et ses conséquences, mais aussi elle aura permis de poser le problème de l'avitaminose A surtout comme un problème nutritionnel requérant leur contribution pour sa solution. Cette intervention a le mérite d'avoir porté auprès de ces populations la réflexion sur ce problème de santé et d'avoir stimulé l'éveil de leur conscience en ce que leur contribution est nécessaire à la résolution dudit problème. Parmi les 71 mères d'écoliers

interrogées sur l'une des principales conséquences symptomatiques de l'avitaminose A, à savoir la cécité nocturne, 75% d'entre elles savaient de quoi il s'agissait et 38% d'entre elles la liaient à une mauvaise alimentation. La consommation de viande et des œufs comme moyen de prévention proposé par 36% d'entre elles et la consommation de foie de hérisson comme moyen curatif pour 34% d'entre elles viennent confirmer la cohérence de leur connaissance vis-à-vis de cette affection, même si ces connaissances sont incomplètes. En effet aucune femme des deux groupes n'a identifié l'HPR comme moyen de prévention de la cécité nocturne. En outre, encore 25% ignoraient ce qu'était la cécité nocturne et, de celles qui la connaissaient, encore 56% et 64% en ignoraient respectivement les causes et les moyens de prévention, démontrant ainsi la nécessité de multiplier les activités d'informations, d'éducation et de communication sur ce sujet. L'intervention aura permis toutefois à la majorité de ces femmes interrogées de consommer pour la première fois l'HPR et plus de 90% d'entre elles en appréciaient le goût.

L'hypothèse émise dès le départ, qui voulait que l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires contribue à une meilleure adoption de cette huile par les ménages, s'est trouvée en partie vérifiée. En effet, les résultats montrent que 98% des mères d'écoliers d'un échantillon d'écoles du groupe G₃ (groupe ayant bénéficié de l'enrichissement en HPR des repas servis dans les cantines scolaires et présence d'un comptoir de vente d'HPR au village) étaient informées de l'intervention scolaire dans l'école de leur enfant, et 85 % d'entre elles avaient déjà discuté de l'HPR avec leurs enfants. Il est probable que ce soit l'impact de l'interaction mères/écoliers dans le groupe G₃, motivé par l'introduction de l'HPR dans les écoles, qui explique que l'HPR y était significativement plus connue des mères (95%) en comparaison des mères d'écoliers (41%) du groupe témoin G₁ ($p < 0.001$). Cependant, si les mères de G₃ connaissaient significativement mieux l'HPR que celles de G₁, ce sont par contre les mères de G₁ qui ont le plus acheté, suggérant que la connaissance de l'HPR n'était pas suffisante pour motiver son achat et son adoption dans les habitudes culinaires. En effet, plusieurs études sur les théories comportementales suggèrent que la connaissance n'est pas le meilleur déterminant du changement de comportement humain, notamment alimentaire (233). Cependant, dans le contexte de cette étude, il est important de préciser que cette

conclusion pourrait être prématurée étant donné le fait que, des discussions des groupes réalisées dans le cadre du projet à Kaya, il est ressorti que certaines femmes n'achetaient pas l'HPR non pas parce qu'elles n'en reconnaissaient pas l'importance, mais parce que leurs enfants en recevaient déjà à l'école. Ainsi il se pourrait que ce soit l'intervention scolaire elle-même qui soit un facteur du non achat de l'HPR. À partir de là, on pourrait s'attendre à ce que l'hypothèse d'une meilleure adoption de l'HPR par les mères de G₃ attende la fin de l'intervention scolaire, quand celles-ci, déjà informées de l'importance de cette huile, se rendront compte que leur enfants n'en disposent plus à l'école. En effet, plusieurs études faites dans le contexte de pays industrialisés démontrent l'efficacité des interventions scolaires (type éducation nutritionnelle) à stimuler les connaissances et le changement dans les habitudes alimentaires non seulement des écoliers mais aussi de leurs familles et des communautés dans lesquelles ils vivent (23, 24, 26). Si cette étude ne permet pas de confirmer ce double impact de l'intervention scolaire, elle a le mérite d'avoir suscité l'intérêt des ménages sur la question de l'HPR et de l'avitaminose A, important pas dans la lutte contre ce problème de santé publique.

Significativement plus mères de G₃ (53%) en comparaison à celles de G₁ (10%) reconnaissent n'avoir pas acheté l'HPR par manque d'argent, pendant que significativement plus de mères de G₁ disent n'avoir simplement pas encore eu le temps de le faire sans que cela ne soit lié à un manque d'argent. Ceci laisse croire que les mères de G₁ seraient dans une situation socio-économique meilleure, alors que l'évaluation du statut socio économique par l'habitat présentée dans le Tableau XVII montrait le contraire. C'est peut être également la meilleure situation économique des mères de G₁ qui explique la prévalence de la carence en VA significativement plus basse et un meilleur statut anthropométrique chez leurs écoliers. En effet, il est démontré qu'une meilleure situation économique des femmes influence directement et positivement l'état nutritionnel et de santé de leur enfant (234).

Il est important de noter que seulement 21% de l'ensemble des mères d'écoliers interrogées avaient déjà acheté l'HPR au moins une fois. Parmi les raisons expliquant le non achat, le manque d'argent est récurrent. C'est dans le but de réduire les quantités utilisées et par là le coût que le projet dans ses messages préconisait que l'HPR soit

rajoutée dans les plats individuels des femmes et des enfants. Visiblement ce message passe difficilement dans ce contexte où la consommation alimentaire se fait habituellement dans des plats communs, et l'utilisation de plats individuels pratiquement inexistante. En effet, 100% des mères qui ont acheté l'HPR l'ont utilisée dans la marmite commune pour l'ensemble de la famille, même si l'HPR a été ajoutée comme recommandé après cuisson dans plus de 90% des cas. Il apparaît dans tous les cas que les efforts de persuasion sur l'importance de la consommation de l'HPR, ainsi que ceux qui visent à améliorer les revenus de ces mères et de celles de toutes les femmes de la communauté, doivent être développés et multipliés pour renforcer et pérenniser les acquis naissants.

6.2.2. Carence en vitamine A et état nutritionnel des écoliers

Au Burkina Faso, les écoliers ne sont pas dans une bien meilleure situation vis-à-vis de l'avitaminose A que les enfants de moins de 5 ans ou les femmes en âge de procréer. En effet, les résultats font état d'une prévalence de la carence de 47.2% dans les écoles de Kaya et de 37% dans les écoles de Bogandé, avant l'intervention HPR. En excluant à Bogandé le groupe G1 qui par le fait du hasard se trouve être un groupe significativement en meilleure situation que les deux autres groupes, la prévalence de faible rétinolémie est de 43.3% dans les autres groupes d'écoliers de la circonscription de Bogandé. Ces prévalences sont similaires aux 45.5% retrouvés en 2000 dans des écoles du Niger par Delisle et al (142); elles se rapprochent également du taux de 48.7% retrouvé en 2000 dans un petit échantillon d'écoliers de Yako, région du centre nord de Burkina Faso comme Kaya (communication personnelle du Dr Zagré). Selon la grille d'interprétation de la sévérité de la carence en VA de l'OMS (89), ces écoliers se trouvent bien au delà du seuil de 20% définissant un grave problème de santé publique. Si, dans le projet pilote HPR, les enfants d'âge préscolaire et leur mères en souffraient davantage, avec respectivement 85% et 67% de faible rétinolémie au démarrage (6), il ne demeure pas moins que ces taux de carence en vitamine A chez les enfants d'âge scolaire trahissent un sérieux problème de santé publique, justifiant qu'on s'y attarde. Au-delà des écoliers, les résultats de notre étude montrent que 34% des mères d'écoliers interviewées à Bogandé avaient souffert de cécité nocturne lors de leur précédente

grossesse, et que si 49% d'entre elles reconnaissaient qu'un membre de leur famille en avait déjà souffert, dans plus de 90% de ces cas il s'agissait d'une femme ou d'un préscolaire. Il est maintenant établi qu'il y a une forte association entre la cécité nocturne pendant la grossesse et une faible concentration en rétinol aussi bien dans le sérum que dans le lait maternel, suggérant que la cécité nocturne est un indicateur valide du déficit en VA (235). Une prévalence de cécité nocturne $\geq 5\%$ chez les femmes enceintes est le seuil qui définit un problème de santé publique (91). Il est vrai que les 34% d'antécédents de cécité nocturne pendant la grossesse ont été retrouvés dans un échantillon de femmes qui n'est pas représentatif de la région, mais cette proportion fait craindre une forte prévalence à l'échelle de la population des femmes.

L'état nutritionnel général des écoliers n'était pas davantage meilleur que le statut en VA. En effet, à Kaya, la prévalence de l'émaciation était élevée et s'est même aggravée entre le début et la fin de l'intervention, ce qui était observé de manière encore plus marquée à Bogandé dans les trois groupes, soulignant bien la dépendance de ces populations à l'endroit des récoltes locales, malheureusement mauvaises au moment où s'est déroulée cette étude. Les périodes précédant les enquêtes finales à savoir la saison 2003 pour Kaya et celle de 2004 pour Bogandé étaient en effet caractérisées par une saison pluvieuse pauvre avec de faibles récoltes.

Le retard statural, généralement associé à la malnutrition chronique, est par définition plus lent à augmenter ou diminuer: le taux est resté le même à Kaya et dans les groupes G₁ et G₂ de Bogandé. Il est de l'ordre de 10%, mais tend à être plus élevé chez les filles. Les liens entre la taille, le sexe et la rétinolémie ont été mis en relief dans les analyses multivariées rapportées dans le manuscrit (voir chapitre 5). Une cote-Z de taille pour âge plus basse est associée à une rétinolémie également plus basse, ce qui confirme l'association maintes fois rapportée entre malnutrition chronique et carence en vitamine A (113, 135-137). Par ailleurs, les garçons semblent plus exposés que les filles à la carence en vitamine A, observation maintes fois rapportée également (100, 113, 143, 236).

Ces prévalences sont révélatrices d'une situation nutritionnelle préoccupante. En effet en 1999, l'enquête Démographique et de Santé (209) faisait état d'une prévalence de retard de croissance de 37% chez les enfants de moins de 5 ans, témoin d'une situation

d'insécurité alimentaire et nutritionnelle chronique. Selon le rapport 2005 de l'UNICEF (215) sur la situation des enfants dans le monde, ces prévalences se maintiennent. Il n'est donc pas étonnant que la carence en VA dans ce contexte soit également importante. Selon l'OMS (92), une prévalence du retard de croissance $\geq 30\%$ et de l'émaciation $\geq 10\%$ chez les enfants de moins de 5 ans permet d'identifier une zone ou une population à haut risque de carence en VA. Ces prévalences sont dépassées au Burkina Faso, témoignant bien que les résultats trouvés dans cette étude, loin d'être le fait du hasard, sont plutôt le reflet d'une situation nutritionnelle préoccupante. Si la malnutrition générale (anciennement malnutrition protéino-énergétique) est favorable à la présence simultanée de carences en divers micronutriments, la lutte contre l'avitaminose A par les approches alimentaires, notamment la diversification alimentaire, en plus d'être reconnue comme une solution durable (17, 18, 169), représente une opportunité pour les populations de se débarrasser de ce double fardeau de la malnutrition protéino-calorique et de la carence en VA.

6.2.3. Évolution paradoxale de la rétinolémie des écoliers selon le statut initial

Les résultats de cette étude montrent une certaine détérioration du statut en rétinol chez quelques sujets qui avaient un statut satisfaisant avant l'intervention. En effet 12%, 12,7%, et 10,3% des écoliers qui avaient une rétinolémie normale avant l'intervention scolaire respectivement à Kaya, et dans les groupes G_2 et G_3 de Bogandé, se sont retrouvés à la fin avec des teneurs inférieures à $0,70\mu\text{mol/l}$. Dans le même temps, 86,1%, 77,8 %, et 78,3% des écoliers de ces trois sites qui étaient carencés au début de l'intervention se sont néanmoins retrouvés avec un statut normal en fin d'intervention.

Quand cependant on observe ce qui se passe dans le groupe témoin G_1 où il n'y a eu ni repas enrichis ni distribution de capsules de VA, on voit que seulement 5% des écoliers qui avaient une bonne rétinolémie au départ avaient une détérioration de leur rétinolémie en fin d'étude, sans que cela ne soit significativement plus bas que dans les groupes G_2 et G_3 ($p=0,25$). En outre, parmi les écoliers carencés au départ dans ce groupe G_1 , 56% ont rattrapé leur retard au bout d'un an. Ces résultats révèlent un paradoxe apparent, la même intervention contribuant à réduire la carence chez les sujets déficients, alors

qu'elle tend à exposer ceux qui ne l'étaient pas, sans que cela puisse être le fait d'une différence d'apport ou en nombre de repas enrichis ou en nombre de capsules de VA. Ce paradoxe est d'autant plus évident que dans le groupe témoin G_1 où il n'y a eu aucune intervention, si l'état de la carence n'a pas changé pendant le suivi, ceux des écoliers qui avaient une bonne rétinolémie en début d'étude sont moins nombreux à avoir eu une détérioration de cette rétinolémie. Ce paradoxe était déjà relevé dans les résultats de l'évaluation d'impact du projet pilote HPR par Zagre et al. (6), où 27,2% des mères et 55% des enfants avaient connu une telle détérioration de leur rétinolémie en fin d'intervention.

Ce type de paradoxe a poussé Griffiths (237) à se demander : « comment un produit comme les capsules fortement dosées de VA qui réduit la mortalité générale des enfants de 30% dans des essais contrôlés ne montre-t-il pas d'effet sur la cause majeure de cette mortalité à savoir la carence en VA elle-même? ». Selon lui, l'effet de la VA serait fonction du statut initial. Il s'appuie pour cela sur deux études contrôlées en double aveugle, conduite l'une en Tanzanie (238) et l'autre en Équateur (239), pour s'interroger sur la pertinence de la distribution universelle des capsules de VA aux enfants. En effet, les conclusions de ces études suggèrent que les capsules de VA auraient des effets défavorables chez les enfants ayant un bon statut initial en VA. Dans l'étude tanzanienne, l'administration d'une forte dose de VA (200 000 UI ou 60 mg) versus un placebo à 687 enfants d'âge préscolaire souffrant d'une pneumonie et vivant en zone d'endémie VIH a permis d'observer que si les enfants supplémentés avaient significativement moins de risque de diarrhées sévères, ils étaient plus exposés à la toux et aux infections respiratoires que ceux qui avaient reçu le placebo. Ces résultats paradoxaux ont été également rapportés par Dibley et al en Indonésie (240), par Ramakrishnan et al en Inde (241), par Pinnock et al en Australie (242), et par Stansfield et al en Haïti (243). L'hypothèse non encore vérifiée émise pour expliquer ce phénomène est que le supplément de VA a un effet néfaste sur le système immunitaire de sujets qui ne sont pas carencés (237). Toutefois, dans le cadre de la présente étude, il est étonnant de constater qu'une certaine détérioration du statut en VA ait pu se produire avec une intervention alimentaire. Il se pourrait également que cette évolution de la rétinolémie soit le reflet de l'instabilité du rétinol sérique comme indicateur du statut en

VA, tant il est vrai que le rétinol sérique est influencé par plusieurs facteurs dont notamment les infections et les parasitoses (144), ou une simple régression vers la moyenne. La sensibilité de la méthode peut expliquer que quelques sujets dont la rétinolémie est marginale passent dans l'autre catégorie lors d'un second dosage. Les écoliers du groupe HPR qui sont passés du groupe normal au groupe carencé lors du 2^e passage avaient en effet une rétinolémie moyenne basse ($0.82 \pm 0.16 \mu\text{mol/l}$) au 1^{er} passage, alors que ceux du groupe capsule ayant connu cette détérioration avaient au début une rétinolémie plus élevée ($0.95 \pm 0.20 \mu\text{mol/l}$), mais statistiquement non significative ($p=0.20$).

Pour ce qui est de la réduction de la rétinolémie en raison des infections, Smith et al (145) proposent la réaction inflammatoire aiguë comme explication, une augmentation de la protéine C réactive se faisant au détriment de la RBP (147). En outre, Sommer et al (81) ont consacré une revue sur cette question, où ils montrent que diverses infections étaient associées à la baisse du rétinol sérique. Ainsi donc, les résultats paradoxaux que nous observons pourraient être dus à des cas d'infections, notamment palustres. Le Burkina Faso est en effet une zone de forte endémie palustre caractérisée par des cas de paludisme grave particulièrement en zone rurale (244). Il est vrai que l'exploration de la morbidité dans la quinzaine ayant précédé les enquêtes n'a pas permis de retrouver un grand nombre de cas d'infection, mais il faut reconnaître que cette exploration passive de la morbidité par la notification des cas d'absences n'est certainement pas la meilleure manière de déceler des cas de maladies. Il n'est pas rare en effet, dans le contexte rural, de voir des enfants mêmes malades continuer à venir à l'école. D'autre part, les parasitoses intestinales, fortement prévalentes en milieu rural au Burkina Faso, pourraient contribuer à expliquer également ces résultats. Plusieurs études, (149, 150, 245) montrent en effet que l'infestation parasitaire par la malabsorption qu'elle induit contribuerait à la carence en VA.

Dans tous les cas, on peut noter que l'intervention a contribué à améliorer significativement la rétinolémie des écoliers qui ont bénéficié des repas enrichis, et cela est supporté par plusieurs études faites chez des enfants (61) ou en laboratoire chez des animaux (246), démontrant que la consommation d'aliments riches en β -carotène

entraîne un accroissement du rétinol sérique surtout chez les sujets carencés et, aucun accroissement significatif chez ceux à statut normal (voir article, chapitre 5).

6.2.4. Limites de l'étude

Le rétinol sérique comme indicateur du statut de VA utilisé dans cette étude est influencé par de nombreux facteurs, parmi lesquels on peut citer les processus infectieux et inflammatoires (145), le déficit protéique (81) et la carence en zinc (247). Par conséquent, utiliser cet indicateur pour l'évaluation du statut en VA devrait se faire en tenant compte de ces facteurs. Le rétinol sérique comme indicateur du statut en VA, plutôt que l'évaluation indirecte des réserves de VA de l'organisme par MRDR, ou l'évaluation des réserves totales de l'organisme par la dilution isotopique, est certes une faiblesse de cette étude. Cependant, le rétinol sérique est le moins cher, et le plus adapté aux conditions de terrain de PED très souvent peu équipés (89). En outre, selon l'OMS, le rétinol sérique est un indicateur valide pour la comparaison de groupes vivant dans les mêmes conditions, ou pour comparer un groupe à lui-même à deux périodes différentes, étant donné que les facteurs d'influence restent les mêmes. Dans le cas particulier de notre étude, l'effort a été fait pour que la collecte des données se fasse toujours à la même période de l'année dans les deux sites d'étude, afin de minimiser l'influence de toute variation saisonnière.

Par ailleurs, on peut relever comme limite le fait qu'à Bogandé, en dépit d'une sélection aléatoire des écoles, le groupe témoin ait présenté un statut en VA significativement supérieur aux groupes d'intervention. Cependant l'effet de cette différence a pu être contrôlé par les analyses de co-variance à mesures répétées de sorte que cette limite a été surmontée.

Il faut signaler enfin que l'absence de données sur la consommation alimentaire des écoliers et des ménages constitue un handicap car ces données auraient mieux permis d'expliquer les différences observées entre les groupes d'écoliers à Bogandé. Ces données auraient également servi à estimer les apports en VA venant d'autres sources que l'HPR.

On pourrait également craindre les conséquences des déperditions de sujets au cours de l'étude sur l'effectif final, mais cet aspect avait été déjà pris en compte dans la détermination de la taille de l'échantillon. Dans cette étude, les biais éventuels liés au perdus de vue sont minimes, particulièrement dans le site de Bogandé, où les absents n'étaient pas significativement différents des présents, surtout dans le groupe G_3 . Dans le groupe G_1 les absents étaient significativement plus âgés tandis que dans le groupe G_2 ils avaient une rétinolémie moyenne plus élevée que celle des présents. En revanche, force est de reconnaître qu'à Kaya les écoliers perdus de vue avaient tendance à être significativement plus carencés en VA. En effet la rétinolémie moyenne était plus basse, et la prévalence de la carence et celle de la carence sévère en VA plus importante chez les absents. Si on tient compte du fait que les résultats montraient que plus l'écolier était carencé et plus l'intervention montrait son intérêt, on pourrait dire que si les absents à Kaya introduisaient un biais, celui-ci serait une sous estimation de l'impact de l'intervention scolaire. Néanmoins, ce fait pose de façon cuisante la question de savoir si l'intervention scolaire atteint les enfants qui en ont le plus besoin. Dans ce cas, plutôt que de penser à une inefficacité de ce type d'intervention, l'effort devrait être mis dans la motivation des parents à garder leurs enfants à l'école en réduisant les coûts des fournitures et en les sensibilisant à ne plus les utiliser comme main d'œuvre aux travaux champêtres, étant donné que ce sont là les raisons les plus fréquentes de leur abandon de l'école.

Chapitre 7 : Conclusion et pistes de recherche

Il faut sans doute rappeler que la finalité de cette intervention scolaire était de renforcer les arguments en faveur de l'HPR de manière à amener les autorités du Burkina Faso (et éventuellement d'autres pays de la région) à l'associer aux stratégies de lutte contre l'avitaminose A. La principale hypothèse était que l'enrichissement des repas scolaires avec l'HPR avait une efficacité programmatique comparable à celle de la distribution universelle de capsules de VA, dans la lutte contre l'avitaminose A, sans en avoir l'inconvénient d'entretenir la dépendance à l'égard de l'extérieur pour des capsules et programmes fortement subventionnés. Outre que l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires constituerait un apport supplémentaire important de VA pour les écoliers, l'avantage est que cette introduction serait un moyen de stimuler les changements d'habitudes alimentaires des ménages des écoliers, en faveur d'une adoption de l'HPR.

L'étude a permis de confirmer la situation nutritionnelle préoccupante des enfants d'âge scolaire du Burkina Faso, du moins dans les zones étudiées. En effet, 12% des écoliers à Kaya et 24,9% de ceux de Bogandé étaient émaciés; en outre, le retard de croissance se maintenait supérieur à 10%. La carence spécifique en VA se révèle être une problème de santé publique grave dans le milieu scolaire, avec plus de 40% d'écoliers carencés. Par ailleurs, l'étude permet d'entrevoir que la situation de la carence en VA n'est guère meilleure chez les femmes, puisque dans l'enquête auprès de mères d'écoliers à Bogandé 34% des mères d'écoliers interviewées avaient souffert de cécité nocturne lors de leur précédente grossesse et 49% d'entre elles reconnaissaient qu'un membre de leur famille en avait déjà souffert.

Fort heureusement, l'enrichissement des repas de la cantine scolaire par l'HPR, importante source supplémentaire de VA pour les écoliers, a permis de réduire en une année d'intervention la prévalence de la carence de 72% à Kaya et de 63% à Bogandé. En effet, à Kaya, les repas enrichis ont contribué à réduire la prévalence de 47,2% (IC 95% : 40,5-53,9) à 13,1% (IC 95% : 8,6-17,6) après environ 9 semaines de supplémentation des repas avec l'HPR. A Bogandé, aucun changement n'est apparu

dans le groupe G_1 (témoin négatif), tandis que dans les groupes G_2 (capsule) et G_3 (HPR), la prévalence de la carence en VA a baissé de 63%, passant de 46.1% (IC 95% : 36.7-56.7) à 17.1% (IC 95% : 10.1-27.1) et de 40.4% (IC 95% : 31.4-49.4) à 14.9% (IC 95% : 8.9-20.9) respectivement dans ces groupes G_2 et G_3 après quelques 17 semaines de consommation de repas enrichis à l'HPR pour G_3 et la prise d'une capsule de VA pour G_2 .

En outre, cette réduction induite par l'HPR n'était pas significativement différente de la réduction induite par les capsules de VA. En effet, la proportion des écoliers avec faible taux de rétinol sérique est passée de 40.4% et 46.1% respectivement dans le groupe G_3 recevant des repas enrichis et dans le groupe G_2 recevant une seule capsule de VA à 14.9% et 17.1% dans ces groupes respectifs. L'HPR dans le milieu scolaire a eu une efficacité programmatique similaire à celle d'une capsule méga-dosée à 200 000 UI (60 mg) de VA.

L'amélioration de la rétinolémie était modulée par le statut initial de l'écolier, de sorte que l'impact du projet était d'autant plus marqué que les écoliers étaient carencés en début d'intervention. Si la consommation des repas enrichis a permis d'améliorer le statut en VA des écoliers, il n'y avait pas d'effet de dose détectable, ce qui donne l'impression qu'après un certain nombre (limité) de repas enrichis, le statut en VA ne s'améliorait plus.

Toutefois, environ 15% des écoliers sont restés carencés malgré l'intervention, aussi bien par les repas scolaires enrichis à l'HPR que par les capsules de VA. Néanmoins, comme le suggère Wasantwisut (248), une prévalence d'au plus 15% de faible rétinolémie suite à une intervention peut être considérée comme un indicateur de réussite de celle-ci.

L'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires, si elle a permis d'améliorer les connaissances des mères d'élèves sur l'HPR et ses attributs, ne s'est pas accompagnée d'une plus grande utilisation de l'HPR dans ces ménages: c'est ce qui ressort de l'enquête auprès de mères dans la zone de Bogandé. Le message visant l'addition de

l'HPR aux plats individuels des individus les plus vulnérables, à savoir les mères et les jeunes enfants, semble se heurter à une certaine résistance dans les ménages. Il ne faut pas négliger non plus l'obstacle économique. Même si l'HPR vendue au niveau des villages est fortement subventionnée par le projet, il n'en reste pas moins que plusieurs mères ont expliqué qu'elles n'en achetaient pas parce qu'elles n'en avaient pas les moyens.

L'HPR semble tout aussi efficace que les capsules de VA à corriger la carence en VA chez les écoliers. Son introduction dans les écoles reste un argument en faveur de son adoption par les ménages, même si des messages adaptés doivent être développés pour justifier l'intérêt de son utilisation dans les ménages quand bien même elle serait déjà donnée aux enfants à l'école. Ces arguments viennent appuyer ceux qui ont résulté de l'étude pilote et démontreraient que l'HPR présente de nombreux avantages à être intégrée dans la série des actions à mener contre la carence en VA, au Burkina Faso comme dans d'autres pays du Sahel, conformément à la stratégie proposée en ce sens par Zagré (200).

Un certain nombre de pistes de recherche ont été identifiées par l'étude et mériteraient d'être explorées. En effet, l'HPR semble ne pas avoir besoin d'être consommée en quantité importante pour corriger le statut en VA. Dans ce cas il serait important de travailler à en vérifier le « seuil » de manière à limiter les coûts pour les populations cibles, généralement touchées par la pauvreté, de même que pour le gouvernement et ses partenaires bailleurs de fonds. En outre, il serait important de chercher à mieux comprendre dans quelle mesure l'HPR peut être utilisée en tant que complément alimentaire individuel pour les personnes qui en ont le plus besoin dans des contextes où la consommation alimentaire se fait habituellement dans des plats communs. Enfin, il serait important de tester les messages à développer pour soutenir la motivation et stimuler davantage l'adoption de l'HPR par des mères d'écoliers, quand bien même cette huile serait servie à leur enfant à l'école.

Par ailleurs, l'HPR comme source d'antioxydants protecteurs contre certaines maladies chroniques offre un champ de recherche assez vaste et exaltant dans le contexte particulier de la transition nutritionnelle que connaissent la plupart des PED et en vertu

de laquelle les troubles liés aux carences nutritionnelles globales ou spécifiques se conjuguent de plus en plus avec des déséquilibres alimentaires et avec la sédentarité, lesquels favorisent les maladies chroniques.

Références Bibliographiques

1. Lee IM, Cook NR, Manson JE, Buring JE, Hennekens CH. Beta-carotene supplementation and incidence of cancer and cardiovascular disease: the Women's Health Study. *J Natl Cancer Inst* 1999; 91(24):2102-6.
2. Amedee-Manesme O, De Maeyer E. Le Deficit en vitamine A. Stratégies Diagnostiques et Therapeutiques. Paris: INSERM and ORSTOM; 1989.
3. ACC/SCN, IFPRI. Micronutrient update. Fourth report on the world nutrition situation: Nutrition throughout the life cycle. ACC/SCN; 2000.
4. West KP, Jr. Extent of vitamin A deficiency among preschool children and women of reproductive age. *J Nutr* 2002; 132(9 Suppl):2857S-2866S.
5. West KP, Jr., Sommer A. Vitamin A programme in Assam probably caused hysteria. *BMJ* 2002; 324(7340):791.
6. Zagré N, Delpeuch F, Traissac P, Delisle H. Red palm oil as a source of vitamin A for mothers and children: impact of a pilot project in Burkina Faso. *Public Health Nutr* 2003;6 (8):733-42.
7. HKI. L'amélioration durable de la nutrition et de la sécurité alimentaire des communautés dans le district sanitaire de Fada N'Gourma au Burkina Faso à travers les jardins potager. Ouagadougou: HKI; 2000.
8. Delisle H, Bakari S, Zagre N. Faire reculer l'avitaminose A dans les pays en développement par des stratégies de diversification alimentaire. *Canadian home economics journal* 2003; 52:18-21.
9. Yurdakok K, Ozmert E, Yalcin SS, Laleli Y. Vitamin A supplementation in acute diarrhea. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2000; 31(3):234-7.
10. Villamor E, Fawzi WW. Vitamin A supplementation: implications for morbidity and mortality in children. *J Infect Dis* 2000; 182 Suppl 1:S122-33.
11. Rollins NC, Filteau SM, Elson I, Tomkins AM. Vitamin A supplementation of South African children with severe diarrhea: optimum timing for improving biochemical and clinical recovery and subsequent vitamin A status. *Pediatr Infect Dis J* 2000; 19(4):284-9.
12. Chowdhury S, Kumar R, Ganguly NK, Kumar L, Walia BN. Effect of vitamin A supplementation on childhood morbidity and mortality. *Indian J Med Sci* 2002;56(6):259-64.

13. Grotto I, Mimouni M, Gdalevich M, Mimouni D. Vitamin A supplementation and childhood morbidity from diarrhea and respiratory infections: a meta-analysis. *J Pediatr* 2003; 142(3):297-304.
14. Shankar AH, Genton B, Semba RD, Baisor M, Paino J, Tamja S, et al. Effect of vitamin A supplementation on morbidity due to *Plasmodium falciparum* in young children in Papua New Guinea: a randomised trial. *Lancet* 1999;354(9174):203-9.
15. Beaton G, Martorell R, Aronson K, al. e. Effectiveness of vitamin A supplementation in the control of young child morbidity and mortality in developing countries. Geneva; 1993.
16. West KP, Jr., Katz J, Khatri SK, LeClerq SC, Pradhan EK, Shrestha SR, et al. Double blind, cluster randomised trial of low dose supplementation with vitamin A or beta carotene on mortality related to pregnancy in Nepal. The NNIPS-2 Study Group. *BMJ* 1999;318(7183):570-5.
17. Delisle, H.: Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: Why is it and what can be done? In 2nd International Workshop: food-based approaches for a healthy nutrition: 23-28/11/2003; Ouagadougou, Burkina Faso. Edited by Brouwer ID, T. A., Trèche, S.: 2003:151-166.
18. Ruel M, Levin C. Assessing the potential for food based strategies to reduce vitamin A and iron deficiencies: a review of recent evidence. Washington, D.C.: International Food policy research institute; 2000.
19. Delisle H. La supplémentation en vitamine A fait-elle obstacle à des stratégies alimentaires de prévention? *Cah Études Rech Francophones/Santé* 1994;4:367-74.
20. WHO/UNICEF/IVACG. Vitamin A supplements: a guide to their use in the treatment and prevention of vitamin A deficiency and xerophthalmia. Geneva; 1997.
21. Codja P. La supplémentation en vitamine A prépare-t-elle la voie à des approches alimentaires durables? Une étude au Burkina Faso. Paris: Université Pierre et Marie Curie. Paris VI; 2002.
22. Miller J, Rosso D, Marek T. Class action. Improving school performance in the developing world through better health and nutrition. Washington DC.: The World Bank; 1996.
23. Basdevant A, Boute D, Borys JM. Who should be educated? Education strategies: could children educate their parents? *Int J Obes Relat Metab Disord* 1999; 23 Suppl 4:S10-2; discussion S12-3.

24. Bonaccorsi G, Isola A, Tognarelli M, Lorini C, Papini D, Lanciotti E, et al. [Changes in eating habits among a group of children after completion of an educational intervention program in elementary school]. *Ann Ig* 2002; 14(3):243-51.
25. Borys JM, Lafay L. [Nutritional information for children to modify the food habits of the whole family]. *Rev Med Suisse Romande* 2000;120(3):207-9.
26. Kozłowska-Wojciechowska M, Uramowska-Zyto B, Jarosz A, Makarewicz-Wujec M. [Impact of school children's nutrition education program on the knowledge and nutritional behavior of their parents]. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2002;53(3):253-8.
27. Ross AC. Vitamin A and Retinoids. In: 9ed, editor. *Modern Nutrition in Health and Disease*. Baltimore, Maryland: Ed. Shils ME, Olson JA, Shike M Williams&Wilkins; 1999. p. 305-327.
28. Olson JA. Carotenoids. In: 9ed, editor. *Modern Nutrition in health and disease*. Baltimore: Ed. Shils ME, Olson JA, Shike M Williams&Wilkins; 1999. p. 525-41.
29. Bates CJ. Vitamin A. *Lancet* 1995; 345(8941):31-5.
30. Steghens JP, Lyan B, Le Moel G, Galabert C, Fayol V, Faure H, et al. [Measurement of carotenoids by high pressure liquid chromatography: from difficulties to solutions]. *Ann Biol Clin (Paris)* 2000; 58(3):327-35.
31. Jackson M. The assessment of bioavailability of micronutrients: introduction. *Eur J Clin Nutr* 1997;51 Suppl 1:S1-2.
32. Castenmiller JJM, West CE. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr* 1998; 18:19-38.
33. Schmitz H, Poor C, Wellman R, Erdman JW, Jr. Concentration of selected carotenoids and vitamin A in human liver, kidney and lung tissue. *J Nutr* 1991; 121:1613-21.
34. Parker RS. Methodological considerations in determining vitamin A and carotenoid bioactivity in humans. *Food Nutr Bull* 2000; 21:124-29.
35. Olson J. The conversion of radio active beta carotene into vitamin A by the rat intestine in vitro. *J Biol Chem* 1961; 236:349-56.
36. Blomhoff R, Green M, Green J. Vitamin A metabolism: New perspective on absorption, transport and storage. *Phys Rev* 1991; 71:951-90.

37. Hebuterne X, Wang X, Johnson E. Intestinal absorption and metabolism of 9-cis-beta-carotene in vivo: biosynthesis of 9, cis retinoic acid. *J Lip Res* 1995; 36:1264-73.
38. Wang X, Krinsky N, Tang G. Retinoic acid can be produced from excentric cleavage of beta-carotene in human intestinal mucosa. *Arch Biochem Biophys* 1992;293:298-304.
39. Wang X, Tang G, Fox J. Enzymatic conversion of beta-carotene into beta-apo-carotenals and retinoids by human, monkey, ferret, and rat tissues. *Arch Biochem Biophys* 1991; 285:8-16.
40. Van Vliet T, Schreurs W, Van den Berg H. Intestinal β -carotene absorption and cleavage in men: response of β -carotene and retinyl esters in the triglycéride-rich lipoprotein fraction after a single orale dose of β -carotene. *Am J Clin Nutr* 1995; 62:110-16.
41. Van Vliet T. Absorption of β -carotene and other carotenoids in humans and animal models. *Eur J Clin Nutr* 1996;50(Suppl.3):S32-37.
42. Borel P, Drai J, Faure H, Fayol V, Galabert C, Laromiguiere M, et al. [Recent knowledge about intestinal absorption and cleavage of carotenoids]. *Ann Biol Clin (Paris)* 2005; 63(2):165-77.
43. de Pee S, West CE. Dietary carotenoids and their role in combating vitamin A deficiency: a review of the literature. *Eur J Clin Nutr* 1996;50 Suppl 3:S38-53.
44. Castenmiller JJM, West CE. Bioavailability of carotenoids. *Pure Appl Chem* 1997; 69:2145-50.
45. Tyssandier V, Choubert G, Grolier P, Borel P. Carotenoids, mostly the xanthophylls, exchange between plasma lipoproteins. *Int J Vitam Nutr Res* 2002;72(5):300-8.
46. During A, Hussain MM, Morel DW, Harrison EH. Carotenoid uptake and secretion by CaCo-2 cells: beta-carotene isomer selectivity and carotenoid interactions. *J Lipid Res* 2002; 43(7):1086-95.
47. Bowen PE, Herbst-Espinosa SM, Hussain EA, Stacewicz-Sapuntzakis M. Esterification does not impair lutein bioavailability in humans. *J Nutr* 2002;132(12):3668-73.
48. Diwadkar-Navsariwala V, Novotny JA, Gustin DM, Sosman JA, Rodvold KA, Crowell JA, et al. A physiological pharmacokinetic model describing the disposition of lycopene in healthy men. *J Lipid Res* 2003;44(10):1927-39.
49. Prince MR, Frisoli JK. Beta-carotene accumulation in serum and skin. *Am J Clin Nutr* 1993;57(2):175-81.

50. Prince MR, Frisoli JK, Goetschkes MM, Stringham JM, LaMuraglia GM. Rapid serum carotene loading with high-dose beta-carotene: clinical implications. *J Cardiovasc Pharmacol* 1991;17(2):343-7.
51. Chen YH, Oace SM, Wolf G. Studies on the effect of dose size on the absorption of beta-carotene by the rat in vivo. *Int J Vitam Nutr Res* 1999; 69(1):8-15.
52. de Pee S, West CE, Permaesih D, Martuti S, Muhilal, Hautvast JG. Orange fruit is more effective than are dark-green, leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and beta-carotene in schoolchildren in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1998;68(5):1058-67.
53. Edwards AJ, Nguyen CH, You CS, Swanson JE, Emenhiser C, Parker RS. Alpha- and beta-carotene from a commercial puree are more bioavailable to humans than from boiled-mashed carrots, as determined using an extrinsic stable isotope reference method. *J Nutr* 2002;132(2):159-67.
54. Dutra-de-Oliveira JE, Favaro RM, Junqueira-Franco MV, Carvalho CG, Jordao Junior AA, Vannucchi H. Effect of heat treatment on the biological value of beta-carotene added to soybean cooking oil in rats. *Int J Food Sci Nutr* 1998;49(3):205-10.
55. Hofmann AF. The Function Of Bile Salts In Fat Absorption. The Solvent Properties Of Dilute Micellar Solutions Of Conjugated Bile Salts. *Biochem J* 1963; 89:57-68.
56. Roodenburg AJ, Leenen R, van het Hof KH, Weststrate JA, Tijburg LB. Amount of fat in the diet affects bioavailability of lutein esters but not of alpha-carotene, beta-carotene, and vitamin E in humans. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(5):1187-93.
57. Riedl J, Linseisen J, Hoffmann J, Wolfram G. Some dietary fibers reduce the absorption of carotenoids in women. *J Nutr* 1999;129(12):2170-6.
58. van den Berg H. Carotenoid interactions. *Nutr Rev* 1999;57(1):1-10.
59. Tyssandier V, Lyan B, Borel P. Main factors governing the transfer of carotenoids from emulsion lipid droplets to micelles. *Biochim Biophys Acta* 2001; 1533(3):285-92.
60. Goswami BC, Ivanoff KD, Barua AB. Absorption and conversion of 11,12-(3)H-beta-carotene to vitamin A in Sprague-Dawley rats of different vitamin A status. *J Nutr* 2003;133(1):148-53.
61. Ribaya-Mercado JD, Solon FS, Solon MA, Cabal-Barza MA, Perfecto CS, Tang G, et al. Bioconversion of plant carotenoids to vitamin A in Filipino school-aged children varies inversely with vitamin A status. *Am J Clin Nutr* 2000;72(2):455-65.

62. Faure H, Fayol V, Galabert C, Grolier P, Le Moel G, Steghens JP, et al. [Carotenoids: 1. Metabolism and physiology]. *Ann Biol Clin (Paris)* 1999;57(2):169-83.
63. Cardinault N, Tyssandier V, Grolier P, Winklhofer-Roob BM, Ribalta J, Bouteloup-Demange C, et al. Comparison of the postprandial chylomicron carotenoid responses in young and older subjects. *Eur J Nutr* 2003;42(6):315-23.
64. Grolier P, Duszka C, Borel P, Alexandre-Gouabau MC, Azais-Braesco V. In vitro and in vivo inhibition of beta-carotene dioxygenase activity by canthaxanthin in rat intestine. *Arch Biochem Biophys* 1997; 348(2):233-8.
65. Nagao A, During A, Hoshino C, Terao J, Olson JA. Stoichiometric conversion of all trans-beta-carotene to retinal by pig intestinal extract. *Arch Biochem Biophys* 1996; 328(1):57-63.
66. Barua AB, Olson JA. beta-carotene is converted primarily to retinoids in rats in vivo. *J Nutr* 2000; 130(8):1996-2001.
67. Wang XD, Russell RM, Liu C, Stickel F, Smith DE, Krinsky NI. Beta-oxidation in rabbit liver in vitro and in the perfused ferret liver contributes to retinoic acid biosynthesis from beta-apocarotenoic acids. *J Biol Chem* 1996;271(43):26490-8.
68. Yeum KJ, Russell RM. Carotenoid bioavailability and bioconversion. *Annu Rev Nutr* 2002;22:483-504.
69. Gessler NN, Gomboeva SB, Shumaev KB, Bykhovskii VY, Lankin VZ. Free radical lipid peroxidation inhibits enzymatic conversion of beta-carotene into vitamin A. *Bull Exp Biol Med* 2001; 131(5):451-3.
70. Furusho T, Kataoka E, Yasuhara T, Wada M, Masushige S. Retinol equivalence of carotenoids can be evaluated by hepatic vitamin A content. *Int J Vitam Nutr Res* 2000; 70(2):43-7.
71. FAO/OMS. Besoin en vitamine A, thiamine, riboflavine et niacine. Rapport d'un groupe mixte FAO/OMS d'experts. Réunion de la FAO sur la nutrition, rapport n 41. Rome: FAO; 1967.
72. Sauberlich HE, Hodges RE, Wallace DL, Kolder H, Canham JE, Hood J, et al. Vitamin A metabolism and requirements in the human studied with the use of labeled retinol. *Vitam Horm* 1974; 32:251-75.
73. Olson JA. Hypovitaminosis A: contemporary scientific issues. *J Nutr* 1994;124(8 Suppl):1461S-1466S.
74. Nationalresearchcouncil. Recommended dietary allowances. Washington DC: National Academic Press; 1989.

75. IOM. Dietary reference intakes for, vitamin C, vitamin E, selenium and carotenoids. Washington DC: Institute of Medicine, National Academic Press; 2000.
76. van het Hof KH, Brouwer IA, West CE, Haddeman E, Steegers-Theunissen RP, van Dusseldorp M, et al. Bioavailability of lutein from vegetables is 5 times higher than that of beta-carotene. *Am J Clin Nutr* 1999; 70(2):261-8.
77. Gerster H. Vitamin A—functions, dietary requirements and safety in humans. *Int J Vitam Nutr Res* 1997;67(2):71-90.
78. Blomhoff R. Overview of vitamin A metabolism and function. In: Blomhoff R, ed. *Vitamin A in health and disease*. New York: Marcell Decker Inc; 1994.
79. Ross AC. Vitamin A and retinoïds. In: 9ed. editor. *Modern Nutrition in health and disease*. Baltimore: Ed. Shils ME, Olson JA, Shike M Williams&Wilkins; 1999. p. 305-27.
80. Wolf G. The discovery of the visual function of vitamin A. *J Nutr* 2001;131(6):1647-50.
81. Sommer A, West KP. *Vitamin A deficiency: Health, survival and vision*. New York; 1996.
82. Stephensen CB. Vitamin A, infection, and immune function. *Annu Rev Nutr* 2001;21:167-92.
83. Brussow H, Sidoti J, Dirren H, Freire WB. Effect of malnutrition in Ecuadorian children on titers of serum antibodies to various microbial antigens. *Clin Diagn Lab Immunol* 1995; 2(1):62-8.
84. Sklan D. Vitamin A in human nutrition. *Prog Food Nutr Sci* 1987; 11:39-55.
85. Kimiagar M, Vahidi A. Vitamin A and beta carotene status in iodine deficiency. Report of the International Vitamin A Consultative Group Meeting. Virtual elimination of vitamin A deficiency: Obstacles and solutions for year 2000. Guatemala; 1996.
86. Ahmed F, Khan M, Jackson A. Concomitant supplemental vitamin A enhances the response to weekly supplemental iron and folic acid in anemic teenagers in urban Bangladesh. *Am J Clin Nutr* 2001; 74:108-15.
87. Rosales F, Jang J, Pinero D. Iron deficiency alters the distribution of vitamin A between plasma and liver, and retinol and retinyl esters in young rats. Durban, South Africa: ILSI: IVACG Meeting; 2000.

88. Takyi EE. Children's consumption of dark green, leafy vegetables with added fat enhances serum retinol. *J Nutr* 1999; 129(8):1549-54.
89. WHO. Indicator for assessing VAD and their application in monitoring and evaluating intervention programmes. Geneva: WHO; 1996.
90. Sommer A. Vitamin A deficiency and its consequences: a field guide to their detection and control. 3 ed Geneva: WHO; 1995.
91. U.S. Agency for international Development MO, India. Benefits and safety of administration of synthetic vitamin to children: background document for the national consultation on vitamin A. Delhi, India: Agency for international Development, Mission Office, India; 2000.
92. OMS. Les indicateurs d'évaluation de la carence en vitamine A et leur utilisation dans la surveillance et l'évaluation des programmes d'intervention. Genève: OMS; 1999.
93. Ribaya-Mercado JD, Solomons NW, Medrano Y, Bulux J, Dolnikowski GG, Russell RM, et al. Use of the deuterated-retinol-dilution technique to monitor the vitamin A status of Nicaraguan schoolchildren 1 y after initiation of the Nicaraguan national program of sugar fortification with vitamin A. *Am J Clin Nutr* 2004;80(5):1291-8.
94. Ribaya-Mercado JD, Solon FS, Dallal GE, Solomons NW, Fermin LS, Mazariegos M, et al. Quantitative assessment of total body stores of vitamin A in adults with the use of a 3-d deuterated-retinol-dilution procedure. *Am J Clin Nutr* 2003; 77(3):694-9.
95. Tang G, Qin J, Dolnikowski GG, Russell RM. Vitamin A equivalence of beta-carotene in a woman as determined by a stable isotope reference method. *Eur J Nutr* 2000; 39(1):7-11.
96. Haskell M, Handelman G, Peerson JM. Assessment of vitamin A status by the deuterated-retinol-dilution technique and comparison with hepatic vitamin A concentration in Bangladeshi surgical patients. *Am J Clin Nutr* 1997; 66:67-74.
97. Loerch J, Underwood BA, Lewis K. Response of plasma levels of vitamin A to a dose of vitamin A as an indicator of hepatic vitamin A reserves in rats. *J Nutr* 1979; 109:778-86.
98. Tanumihardjo SA. Assessing vitamin A status: past, present and future. *J Nutr* 2004; 134(1):290S-293S.
99. Tanumihardjo SA, Koellner PG, Olson JA. Refinement of the modified-relative-dose-response test as a method for assessing vitamin A status in a field setting: experience with Indonesian children. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:966-71.

100. Pilch SM. Analysis of vitamin A data from the health and nutrition examination surveys. *J Nutr* 1987; 117(4):636-40.
101. Stoltzfus RJ, Underwood BA. Breastmilk vitamin A as an indicator to assess vitamin A status of women and infants. *WHO Bull* 1995; 73:703-11.
102. Underwood B. Vitamin A in human nutrition. public health considerations. In: Sporn MB RA, and Goodman DS., editor. *The retinoides:biology, chemistry, and medicine*. 2 nd edition ed. New-York: Raven Press, Ltd.; 1994. p. 221-227.
103. Burri B, Blankson D, Neidlinger T. Use of free and transthretin-bound retinol binding protein in serum as tests of vitamin A status in humans: effects of high creatine concentrations in serum. *Clin Chem* 1990; 36:674-6.
104. Lietman T, Dhutal S, Dean D. Conjunctival impression cytology for vitamin A deficiency in the presence of infectious trachoma. *Br J Ophthalmol* 1998; 82(1139-42).
105. Duarte Favaro R, Viera de Souza N, Vannucchi H. Evaluation of rose bengal staining test and rapid dark-adaptation test for the field assessment of vitamin A status of preschool children in souther Brazilia. *Am J Clin Nutr* 1986; 43:940-5.
106. Viton N, Russell R. Evaluation of a rapid test of dark adaptation. *Am J Clin Nutr* 1981; 34:1961-6.
107. Udomkesmale E, Dhanamitta S, Sirisinka S, Charoenkiatkul S. Effects of vitamin A and zinc supplementation on the nutriture of children in Northeast Thailand. *Am J Clin Nutr* 1992; 56:50-7.
108. Nelson M, Bingham S. Assessment of food consumption and nutrient intake. In: Margetts B, Nelson M, editors. *Design concepts in nutritional epidemiology*. 2ed ed. Oxford: Oxford University Press; 2000. p. 123-69.
109. Willet WC. *Nutritional epidemiology*. New York: Oxford University Press; 1990.
110. Rosen D, Haselow, Sloan N. *How to use the HKI Food Frequency methods to assess community risk of vitamin A deficiency*. New York: HKI, Inc Library of Congress Cataloging-in-Publication Data; 1993.
111. Underwood BA, Chavez M, Hankin J. *Guidelines for the development of a simplified dietary assessment to identify groups at risk for inadequate intake of vitamin A*. Washington: IVACG; 1989.
112. Delisle H, Bakari S, Ferland G. *Validation study on a simplified dietary method for the assessment of vitamin A deficiency risk in Niger*. Washington, DC: OMNI-Research; 1997.

113. Schaumberg D, Connor J, Semba R. Risk factors of xerophthalmia in the republic of Kirabati. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50:761-764.
114. Bloem MW, Wedel M, Egger RJ, Speek AJ, Chusilp K, Saowakontha S, et al. A prevalence study of vitamin A deficiency and xerophthalmia in northeastern Thailand. *Am J Epidemiol* 1989; 129(6):1095-103.
115. Bakari S. Le déficit d'apport permet-il d'expliquer la forte prévalence de la carence en Vitamine A au Niger? Étude chez les enfants d'âge préscolaire. Montréal: Département de Nutrition, Université de Montréal; 1997.
116. Tarwotjo I, Tilden R, Pettiss S. Interactions of community nutritional status and xerophthalmia in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1983; 37:645-51.
117. Vuong le T, Dueker SR, Murphy SP. Plasma beta-carotene and retinol concentrations of children increase after a 30-d supplementation with the fruit *Momordica cochinchinensis* (gac). *Am J Clin Nutr* 2002; 75(5):872-9.
118. Kritchevsky D. Impact of red palm oil on human nutrition and health. *Food Nutr Bull* 2001; 21:182-88.
119. Lietz G, Henry CJ, Mulokozi G, Mugyabuso JK, Ballart A, Ndossi GD, et al. Comparison of the effects of supplemental red palm oil and sunflower oil on maternal vitamin A status. *Am J Clin Nutr* 2001;74(4):501-9.
120. Radhika MS, Bhaskaram P, Balakrishna N, Ramalakshmi BA. Red palm oil supplementation: a feasible diet-based approach to improve the vitamin A status of pregnant women and their infants. *Food Nutr Bull* 2003; 24(2):208-17.
121. Sivan YS, Alwin Jayakumar Y, Arumughan C, Sundaresan A, Jayalekshmy A, Suja KP, et al. Impact of vitamin A supplementation through different dosages of red palm oil and retinol palmitate on preschool children. *J Trop Pediatr* 2002;48(1):24-8.
122. van Stuijvenberg ME, Dhansay MA, Lombard CJ, Faber M, Benade AJ. The effect of a biscuit with red palm oil as a source of beta-carotene on the vitamin A status of primary school children: a comparison with beta-carotene from a synthetic source in a randomised controlled trial. *Eur J Clin Nutr* 2001;55(8):657-62.
123. van Stuijvenberg ME, Faber M, Dhansay MA, Lombard CJ, Vorster N, Benade AJ. Red palm oil as a source of beta-carotene in a school biscuit used to address vitamin A deficiency in primary school children. *Int J Food Sci Nutr* 2000;51 Suppl:S43-50.
124. van Stuijvenberg ME, Kvalsvig JD, Faber M, Kruger M, Kenoyer DG, Benade AJ. Effect of iron-, iodine-, and beta-carotene-fortified biscuits on the

- micronutrient status of primary school children: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr* 1999; 69(3):497-503.
125. Rahamanifar A, Bond J. Food consumption, iron intake and dietary patterns of urban pregnant women from different socioeconomic population in central Iran. *Ecol Food Nutr* 1990;24:97-114.
 126. Hudelson P, Dzikunu H, Mensah J. Dietary pattern in a rural area in Ghana and their relevance for vitamin A consumption. *Ecol Food Nutr* 1999; 38:183-207.
 127. Ministère d la santé. Mini S. Plan National d'action pour la Nutrition; version révisée. Ouagadougou: Ministère de la Santé; 2001.
 128. OMS. Plan stratégique 1998-2001. Programme mondial des Vaccins et Vaccinations. Genève: OMS; 1998.
 129. WHO. Combating vitamin A deficiency. In: WHO website, update September 2003. Rome Italy: WHO; 2003.
 130. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Vander Hoorn S, Murray CJ. Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 2002; 360(9343):1347-60.
 131. Bloem MW, Kiess L, Moench-Pfanner R. Process indicators for monitoring and evaluating vitamin A programs. *J Nutr* 2002;132(9 Suppl):2934S-2939S.
 132. Tarwotjo I, Sommer A, Soegiharto T, Susanto D, Muhilal. Dietary practices and xerophthalmia among Indonesian children. *Am J Clin Nutr* 1982; 35(3):574-81.
 133. De Sole G, Belay Y, Zegeye B. Vitamin A deficiency in southern Ethiopia. *Am J Clin Nutr* 1987; 45(4):780-4.
 134. Farbos S, Resnikoff S, Peyramaure F, Castan R. [Xerophthalmia. Identification of populations at intermediate risk]. *Sante* 1995;5(3):159-61.
 135. Donnen P, Brasseur D, Dramaix M, Vertongen F, Ngoy B, Zihindula M, et al. Vitamin A deficiency and protein-energy malnutrition in a sample of pre-school age children in the Kivu Province in Zaire. *Eur J Clin Nutr* 1996;50(7):456-61.
 136. Goetghebuer T, Brasseur D, Dramaix M, DeMol P, Donnen P, Bahwere P, et al. Significance of very low retinol levels during severe protein-energy malnutrition. *J Trop Pediatr* 1996; 42(3):158-61.
 137. Fuchs J, Ausayakhum S, Ruckphaopunt S, Tansuhaj A, Robert S. Relationship between vitamin A deficiency, malnutrition, and conjunctival impression cytology. *Am J Clin Nutr* 1994; 60:293-8.

138. Underwood BA, Arthur P. The contribution of vitamin A to public health. *FASEB J* 1996; 10(9):1040-8.
139. Asrat YT, Omwega AM, Muita JW. Prevalence of vitamin A deficiency among pre-school and school-aged children in Arssi Zone, Ethiopia.[erratum appears in *East Afr Med J*. 2002 Sep;79(9):501.]. *East Afr Med J* 2002;79(7):355-9.
140. van Stuijvenberg ME, Faber M, Dhansay MA, Lombard CJ, Vorster N, Benade AJ. Red palm oil as a source of beta-carotene in a school biscuit used to address vitamin A deficiency in primary school children. *Int J Food Sci Nutr* 2000;51 Suppl:S43-50.
141. van Stuijvenberg ME, Kruger M, Badenhorst CJ, Mansvelt EP, Laubscher JA. Response to an iron fortification programme in relation to vitamin A status in 6-12-year-old school children. *Int J Food Sci Nutr* 1997; 48(1):41-9.
142. Delisle H, Zagré NM, Bakari S, Codja P, Zendong R. Des solutions alimentaires à la carence en vitamine A. *FAN* 2003; 32:40-50.
143. Sommer A, Hussaini G, Muhilal. History of night blindness: a simple tool for xerophthalmia screening. *Am J Clin Nutr* 1982; 33:887-91.
144. Filteau SM, Morris SS, Abbott RA, Tomkins AM, Kirkwood BR, Arthur P, et al. Influence of morbidity on serum retinol of children in a community-based study in northern Ghana. *Am J Clin Nutr* 1993; 58(2):192-7.
145. Smith FR, Goodman DS. The effects of diseases of the liver, thyroid, and kidneys on the transport of vitamin A in human plasma. *J Clin Invest* 1971; 50(11):2426-36.
146. Rosales FJ, Ritter SJ, Zolfaghari R, Smith JE, Ross AC. Effects of acute inflammation on plasma retinol, retinol-binding protein, and its mRNA in the liver and kidneys of vitamin A-sufficient rats. *J Lipid Res* 1996; 37(5):962-71.
147. Rosales FJ, Topping JD, Smith JE, Shankar AH, Ross AC. Relation of serum retinol to acute phase proteins and malarial morbidity in Papua New Guinea children. *Am J Clin Nutr* 2000; 71(6):1582-8.
148. VAST., Gvatg. Vitamin A supplementation in northern Ghana: effects of clinic attendances, hospital admissions and child mortality. *Lancet* 1993; 342:7-12.
149. Friis H, Mwaniki D, Omondi B, Muniu E, Magnussen P, Geissler W, et al. Serum retinol concentrations and *Schistosoma mansoni*, intestinal helminths, and malarial parasitemia: a cross-sectional study in Kenyan preschool and primary school children. *Am J Clin Nutr* 1997; 66(3):665-71.



150. Persson V, Ahmed F, Gebre-Medhin M. Relationships between vitamin A, iron status and helminthiasis in Bangladeshi school children. *Public Health Nutr* 2000; 3:83-9.
151. Persson V, Ahmed F, Gebre-Medhin M, Greiner T. Increase in serum beta-carotene following dark green leafy vegetable supplementation in Mebendazole-treated school children in Bangladesh. *Eur J Clin Nutr* 2001;55(1):1-9.
152. Spannaus-Martin DJ, Cook LR, Tanumihardjo SA, Duitsman PK, Olson JA. Vitamin A and vitamin E statuses of preschool children of socioeconomically disadvantaged families living in the midwestern United States. *Eur J Clin Nutr* 1997; 51(12):864-9.
153. Kjolhede CL, Stallings RY, Dibley MJ, Sadjimin T, Dawiesah S, Padmawati S. Serum retinol levels among preschool children in Central Java: demographic and socioeconomic determinants. *Int J Epidemiol* 1995; 24(2):399-403.
154. Glasziou PP, Mackerras DE. Vitamin A supplementation in infectious diseases: a meta-analysis. *Brit Med J* 1993; 306:366-70.
155. Fawzi WW, Chalmers T, Herrera MG, Mosteller F. Vitamin A supplementation and child mortality. A meta-analysis. *J Am Med Assoc* 1993; 269:898-903.
156. West KP, Jr., Djunaedi E, Pandji A, Kusdiono, Tarwotjo I, Sommer A. Vitamin A supplementation and growth: a randomized community trial. *Am J Clin Nutr* 1988; 48(5):1257-64.
157. Ramakrishnan U, Latham M, Abel R. Vitamin A supplementation does not improve growth of preschool children: a randomized, double-blind field trial in south India. *J Nutr* 1995; 125:202-1.
158. Nalubola R, Nestel P. The effect of vitamin A nutrition on health: a review.; 1999.
159. Barreto ML, Santos LM, Assis AM, Araujo MP, Farenzena GG, Santos PA, et al. Effect of vitamin A supplementation on diarrhoea and acute lower-respiratory-tract infections in young children in Brazil. *Lancet* 1994; 344(8917):228-31.
160. Bhandari N, Bhan MK, Sazawal S. Impact of massive dose of vitamin A given to preschool children with acute diarrhoea on subsequent respiratory and diarrhoeal morbidity. *BMJ* 1994; 309(6966):1404-7.
161. Hussey GD, Klein M. A randomized, controlled trial of vitamin A in children with severe measles. *N Engl J Med* 1990; 323(3):160-4.
162. Loevinsohn B, Sutter R, Costales M. Using cost-effectiveness analysis to evaluate targeting strategies: the case of vitamin A supplementation. *Health Policy Plan* 1997; 12:29-37.

163. Grosse R, Tlden R. Vitamin A cost-effectiveness model. *Int J Health Planning Management* 1988; 3:225-44.
164. Delisle H. *L'enfant en milieu tropical*. Paris: Centre International de l'enfance; 1996. Report No.: 222/223.
165. Gillespie S, Mason JB. *Controlling vitamin A deficiency*. Geneva: ACC/SCN; 1994.
166. Oscar P. Fortification of sugar with vitamin A. *Food Nutr Bull* 1998; 19:131-6.
167. Solon FS, Solon MS, Mehansho H, West KP, Jr., Sarol J, Perfecto C, et al. Evaluation of the effect of vitamin A-fortified margarine on the vitamin A status of preschool Filipino children. *Eur J Clin Nutr* 1996; 50(11):720-3.
168. FAO. *Food fortification: Technology and quality control*. Report of a FAO technical meeting held in Rome, 1995. Rome: FAO; 1996.
169. Underwood BA. Dietary approaches to the control of vitamin A deficiency: An introduction and overview. *Food Nutr Bull* 2000; 21:117-23.
170. Darnton-Hill I. Overview: Rationale and elements of a successful food-fortification programme. *Food Nutr Bull* 1998; 19:92-100.
171. Berner LA, Clydesdale FM, Douglass JS. Fortification contributed greatly to vitamin and mineral intakes in the United States, 1989-1991. *J Nutr* 2001;131(8):2177-83.
172. Muhilal, Permeisih D, Idjradinata YR, Muherdiyantiningsih, Karyadi D. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and health, growth, and survival of children: a controlled field trial. *Am J Clin Nutr* 1988;48(5):1271-6.
173. Muhilal, Murdiana A, Azis I, Saidin S, Jahari AB, Karyadi D. Vitamin A-fortified monosodium glutamate and vitamin A status: a controlled field trial. *Am J Clin Nutr* 1988;48(5):1265-70.
174. Krause VM, Delisle H, Solomons NW. Fortified foods contribute one half of recommended vitamin A intake in poor urban Guatemalan toddlers. *J Nutr* 1998; 128(5):860-4.
175. Soleri D, Cleveland D, Frankenberger T. *Gardens and vitamin A: a review of recent literature*. Washington: USAID Office of nutrition; 1991.
176. Chakravarty I. Food-based strategies to control vitamin A deficiency. *Food Nutr Bull* 2000; 21:135-43.

177. Delisle H, Bakari S. Effectiveness of green leaves as vitamin A sources for schoolchildren according to their physical state and to intestinal parasites of children. Montreal: Dept of nutrition, University of Montreal; 2000.
178. Hagenimana V, Oyunga M, Low J. The effects of women farmer's adoption of orange-fleshed sweet potatoes: raising vitamin A intake in Kenya.: Washington DC: IRCW/OMNI; 1999.
179. Mulokozi G, Mselle L, Mgoba C. Improved solar drying of vitamin A-rich foods by women's groups in the Singida district of Tanzania. Washington, DC: International Center for Research on Women; 2000.
180. Mahalanabis D. Breast feeding and vitamin A deficiency among children attending a diarrhoea treatment centre in Bangladesh: a case-control study. *Brit Med J* 1991; 303:493-6.
181. Smitasiri S, Dhanamitta S. Sustaining behavior change to enhance micronutrient status: community and women-based interventions in Thailand. Research Report Series 21. Washington DC: ICRW/OMNI; 1999.
182. HKI. Homestead food production improves household food and nutrition security. In: Homestead Food production Bulletin; 2004.
183. Hickey E, Mittai A. Voices from the South. The Third World Debunks Corporate Myths on Genetically Engineered Crops. In: Food First/Institute for Food and Development Policy and Pesticide Action Network North America; 2003.
184. Delisle H. Food diversification strategies are neglected in spite of their potential effectiveness: Why is it and what can be done? In. Ouagadougou, Burkina Faso: 2nd International Workshop: food-based approaches for a healthy nutrition; 2003.
185. Michel P, Salmi LR, Sibe M, Salmi MT. [Process assessment: importance and current limits]. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2000;48(6):571-82.
186. Potvin L, Haddad S, Frohlich KL. Beyond process and outcome evaluation: a comprehensive approach for evaluating health promotion programmes. *WHO Reg Publ Eur Ser* 2001(92):45-62.
187. Wuidart W. Huile de palme et ses fractions. In: Karleskind A,ed. Manuel des corps gras. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 1992:228-38.
188. Kurt G. Palm oil. IN: Eds HTC, ed. Handbook of tropical foods, 1983:433-68.
189. PAMER. Étude de marché de l'huile de palme dans la zone d'intervention PAMER: Rapport final. Bobo Dioulasso, BF: Projet d'appui aux micro entreprises rurales; 2002.

190. Edem DO, Eka OU, Umoh IB. Feeding of red palm oil-supplemented diets to rats may impact positively on vitamin A status. *Int J Food Sci Nutr* 2002;53(4):285-91.
191. Cottrell RC. Introduction: nutritional aspects of palm oil. *Am J Clin Nutr* 1991;53(4 Suppl):989S-1009S.
192. Edem DO. Palm oil: biochemical, physiological, nutritional, hematological, and toxicological aspects: a review. *Plant Foods Hum Nutr* 2002; 57(3-4):319-41.
193. Delisle H. Huile de Palme non Raffinée pour la Vitamine A au Burkina Faso: Rapport narratif final. Montréal, QC: Département de Nutrition, Université de Montréal; 2002.
194. Rukmini C. Red palm oil to combat vitamin A deficiency in developing countries. *Food Nutr Bull* 1994; 15:126-9.
195. Mahapatra S, Manorama R. The protective effect of red palm oil in comparison with massive vitamin A dose combating vitamin A deficiency in Orissa, India. *Asia Pac J Clin Nutr* 1997; 6:246-50.
196. Mosha T, Laswai H, Mtebe K. Control of vitamin A deficiency disorders through fortification of cassava flour with red palm oil: a case study of Kigoma district, Tanzania. *Ecol Food Nutr* 1999; 37:569-93.
197. Lietz G, Henry CJ, Mulokozi G, Mugyabuso JK, Ballart A, Ndossi GD, et al. Comparison of the effects of supplemental red palm oil and sunflower oil on maternal vitamin A status. *Am J Clin Nutr* 2001; 74(4):501-9.
198. Delisle H, Zagre N, Ouedraogo V. Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A: A pilot project involving women's groups. *Food Nutr Bull* 2001; 22:388-94.
199. Zagré N, Delisle H, Tarini A, Delpeuch F. [Changes in vitamin A intake following the social marketing of red palm oil among children and women in Burkina Faso]. *Sante* 2002; 12(1):38-44.
200. Zagré, N. M., Delisle, H. & Delpeuch, F.: L'huile de palme rouge au Burkina Faso: un pas pour la diversification alimentaire dans la stratégie nationale de lutte contre la carence en vitamine A. In 2nd International Workshop: food-based approaches for a healthy nutrition: 23-28/11/2003: Ouagadougou, Burkina Faso. Edited by Brouwer ID, T. A., Trèche, S.: 2003:337-348.
201. Fernald L, Ani CC, Grantham-mcgregor S. Does school breakfast benefit children's educational performance? *Afr Health* 1997; 19(6):19-20.
202. Simeon DT. School feeding in Jamaica: a review of its evaluation. *Am J Clin Nutr* 1998; 67(4):790S-794S.

203. Abidoye R. Comparative School Performance through Better Health and Nutrition in Nsukka, Enugu, Nigeria. *Nutrition Research*. 2000;20(5):609-620.
204. Alaimo K, Olson CM, Frongillo EA, Jr. Food insufficiency and American school-aged children's cognitive, academic, and psychosocial development. *Pediatrics* 2001; 108(1):44-53.
205. Alaimo K, Olson CM, Frongillo EA, Jr., Briefel RR. Food insufficiency, family income, and health in US preschool and school-aged children. *Am J Public Health* 2001;91(5):781-6.
206. Weinreb L, Wehler C, Perloff J, Scott R, Hosmer D, Sagor L, et al. Hunger: its impact on children's health and mental health. *Pediatrics* 2002; 110(4):e41.
207. Murphy JM, Wehler CA, Pagano ME, Little M, Kleinman RE, Jellinek MS. Relationship between hunger and psychosocial functioning in low-income American children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1998; 37(2):163-70.
208. Moore E. Evaluation of the Burkina Faso school feeding program. Baltimore: Catholic Relief Services; 1994.
209. INSD. Enquête Démographique et de Santé du Burkina Faso II. Maryland, Columbia: Macro International Inc; 1999.
210. Perez-Rodrigo C, Aranceta J. Nutrition education in schools: experiences and challenges. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57 Suppl 1:S82-5.
211. Perez-Rodrigo C, Aranceta J. School-based nutrition education: lessons learned and new perspectives. *Public Health Nutr* 2001; 4(1A):131-9.
212. WHO. Healthy Nutrition: An essential element of a health-promoting school. Geneva: WHO; 1998.
213. FAO. Aperçu nutritionnel par pays, Burkina Faso. Rome: FAO; 1998.
214. PNUD. Rapport mondial sur le développement humain selon le PNUD. In: Classement du PNUD:www.undp.org/hdr2001 french: PNUD; 2001.
215. UNICEF. La situation des enfants dans le Monde 2005. New York: UNICEF; 2005.
216. AED/Profiles. La nutrition, clé du développement humain durable au Burkina Faso. Washington DC: Academy of Educational Development; 2000.
217. West CE, Castenmiller JJ. Quantification of the "SLAMENGHI" factors for carotenoid bioavailability and bioconversion. *Int J Vitam Nutr Res* 1998; 68(6):371-7.

218. Zagré NM. Projet pilote d'introduction de l'huile de Palme rouge non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: Évaluation de l'impact. Montréal et Montpellier: Université de Montréal et Université Montpellier II; 2002.
219. Delisle H. L'huile de palme rouge pour la vitamine A au Burkina Faso. document de projet de la phase II. Montréal: Département de Nutrition (Université de Montréal) et ses partenaires (AÉBSF, IRSS, IRD); 2002.
220. Canfield LM, Kaminsky RG, Taren DL, Shaw E, Sander JK. Red palm oil in the maternal diet increases provitamin A carotenoids in breastmilk and serum of the mother-infant dyad. *Eur J Nutr* 2001; 40(1):30-8.
221. Contandriopoulos A, Champagne F, Potvin L, Denis J, Boyle P. Savoir préparer une recherche. La Définir, la Structurer, La Financer. Montréal: Les presses de l'Université de Montréal; 1990.
222. Brown T, Duewer D, Kline M. The stability of retinol, alpha-tocophérol, trans-lycopene, and trans-beta-carotene in liquid-frozen and lyophilized serum. *Clin Chim Acta* 1998; 276:75-87.
223. Comstock G, Norkus E, Hoffman S. Stability of ascorbic acid, carotenoids, retinol, and tocopherols in plasma stored at -70 degrees C for 4 years. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1995; 4:505-7.
224. Sapin V, Alexandre M, Chaib S. Effected of vitamin A status at the end of term pregnancy on the saturation of retinol binding protein with retinol. *Am J Clin Nutr* 2000; 71:537-43.
225. Delisle H. Projet Huile de Palme Rouge (HPR) pour la vitamine A au Burkina Faso: Données sur la qualité de l'HPR produite au Burkina et commercialisée dans le cadre du projet. Montréal QC.: Département de Nutrition, Université de Montréal; 1999.
226. FAO/WHO. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B₁₂. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Rome: FAO/WHO; 1989.
227. Qureshi A, Qureshi S, Weight J. Lowering the serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *Am J Clin Nutr* 1991; 53:1021S-26S.
228. Kritchevsky D, Tepper SA, Czarnecki SK, Sundram K. Red palm oil in experimental atherosclerosis. *Asia Pac J Clin Nutr* 2002; 11 Suppl 7:S433-7.
229. Chasan-Taber L, Willett WC, Seddon JM, Stampfer MJ, Rosner B, Colditz GA, et al. A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women.[see comment]. *Am J Clin Nutr* 1999; 70(4):509-16.

230. Gann PH, Ma J, Giovannucci E, Willett W, Sacks FM, Hennekens CH, et al. Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels: results of a prospective analysis. *Cancer Res* 1999; 59(6):1225-30.
231. Goodman GE, Schaffer S, Omenn GS, Chen C, King I. The association between lung and prostate cancer risk, and serum micronutrients: results and lessons learned from beta-carotene and retinol efficacy trial. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2003; 12(6):518-26.
232. Ng JH, Nesaretnam K, Reimann K, Lai LC. Effect of retinoic acid and palm oil carotenoids on oestrone sulphatase and oestradiol-17beta hydroxysteroid dehydrogenase activities in MCF-7 and MDA-MB-231 breast cancer cell lines. *Int J Cancer* 2000; 88(1):135-8.
233. Higgins MM, Barkley MC. Concepts, theories and design components for nutrition education programs aimed at older adults. *J Nutr Elder* 2003; 23(2):57-75.
234. PAHO. Healthy Mothers and Children: The Role of Gender Equality and Women's Empowerment in the Reduction of Maternal and Child Mortality. 2005 [cited 2005 07-07-2005]; Available from:
235. Christian P. Recommendations for indicators: Night Blindness during Pregnancy-A Simple Tool to Assess Vitamin A Deficiency in Population. *J Nutr* 2002; 132:2884S-2888S.
236. Sinha DP, Bang FB. Seasonal variation in signs of vitamin-A deficiency in rural West Bengal children. *Lancet* 1973; 2(7823):228-30.
237. Griffiths JK. The vitamin A paradox. *J Pediatr* 2000; 137(5):604-7.
238. Fawzi WW, Mbise R, Spiegelman D, Fataki M, Hertzmark E, Ndossi G. Vitamin A supplements and diarrheal and respiratory tract infections among children in Dar es Salaam, Tanzania. *J Pediatr* 2000;137(5):660-7.
239. Sempertegui F, Estrella B, Camaniero V, Betancourt V, Izurieta R, Ortiz W, et al. The beneficial effects of weekly low-dose vitamin A supplementation on acute lower respiratory infections and diarrhea in Ecuadorian children. *Pediatrics* 1999; 104(1):e1.
240. Dibley MJ, Sadjimin T, Kjolhede CL, Moulton LH. Vitamin A supplementation fails to reduce incidence of acute respiratory illness and diarrhea in preschool-age Indonesian children. *J Nutr* 1996; 126(2):434-42.
241. Ramakrishnan U, Latham MC, Abel R, Frongillo EA, Jr. Vitamin A supplementation and morbidity among preschool children in south India. *Am J Clin Nutr* 1995; 61(6):1295-303.

242. Pinnock CB, Douglas RM, Martin AJ, Badcock NR. Vitamin A status of children with a history of respiratory syncytial virus infection in infancy. *Aust Paediatr J* 1988; 24(5):286-9.
243. Stansfield SK, Pierre-Louis M, Lerebours G, Augustin A. Vitamin A supplementation and increased prevalence of childhood diarrhoea and acute respiratory infections. *Lancet* 1993; 342(8871):578-82.
244. Modiano D, Sirima BS, Sawadogo A, Sanou I, Pare J, Konate A, et al. Severe malaria in Burkina Faso: urban and rural environment. *Parassitologia* 1999;41(1-3):251-4.
245. Chandra RK, Vyas S. Vitamin A, immunocompetence and infection. *Food Nutr Bull* 1989; 11:12-19.
246. Parvin SG, Sivakumar B. Nutritional status affects intestinal carotene cleavage activity and carotene conversion to vitamin A in rats. *J Nutr* 2000;130(3):573-7.
247. Sklan D, Halevy O, Donoghue S. The effect of different dietary levels of vitamin A on metabolism of copper iron and zinc in the chick. *Int J Vitam Nutr Res* 1987; 57(1):11-8.
248. Wasantwisut E. Recommendations for monitoring and evaluating vitamin A programs: outcome indicators. *J Nutr* 2002; 132(9 Suppl):2940S-2942S.
249. OMS. Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Organisation Mondiale de la Santé, Rapport d'un comité d'expert, série des rapports techniques N° 854 : Genève 1995;p.348-83.

Annexes

Annexe1 : Abrégé de communication pour le congrès International de Nutrition à Durban, Septembre 2005

Abstract for: International congress of nutrition – Durban – sept 2005
Symposium 6.2: Strategies to alleviate micronutrient malnutrition

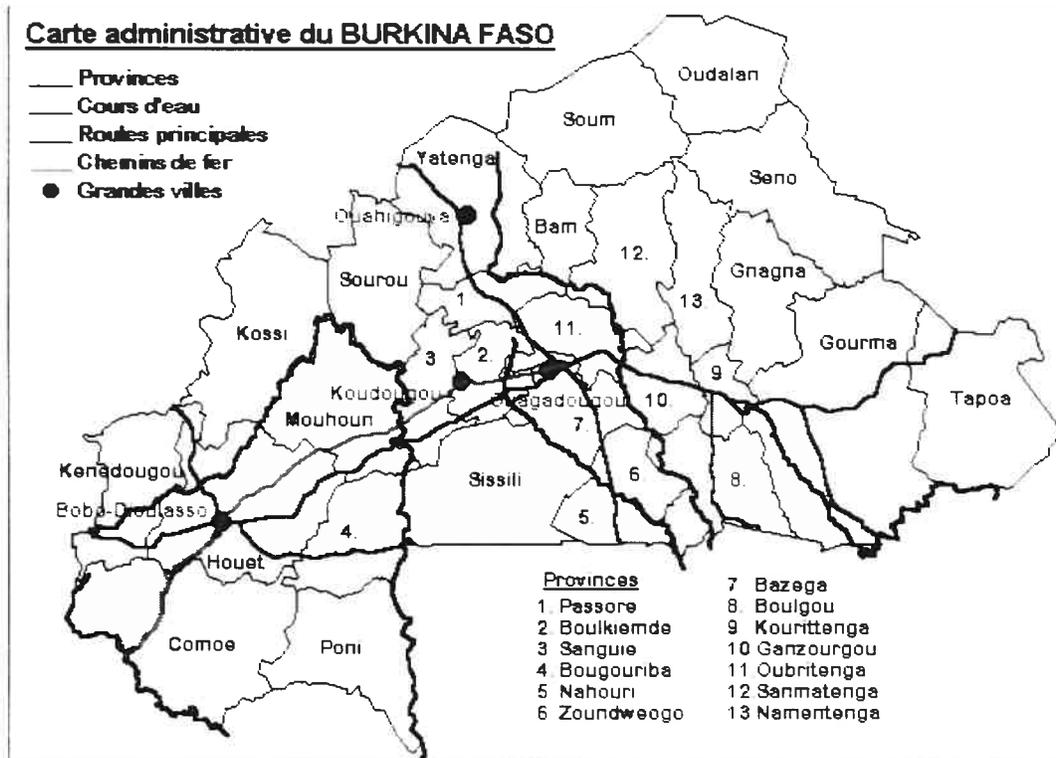
Major improvement of vitamin A status of children following red palm oil fortification of school meals in Burkina Faso

AN. ZEBA¹, IT.SOMÉ², H.DELISLE¹ 1. Département de Nutrition, Faculté de Médecine, Université de Montréal. 2. Département de Sciences Pharmaceutiques Appliquées, Université de Ouagadougou.

Introduction: Vitamin A deficiency is widespread in Africa, and it also affects school-age children. In Burkina Faso, local production and consumption of Red Palm Oil (RPO) rich in vitamin A is being promoted. **Objective:** To assess the impact of RPO fortification of school lunch in two intervention sites. **Method:** 15 ml RPO was added to individual meal three times a week during one school year. Serum retinol was measured at baseline and 12 months later (by HPLC at University of Ouagadougou). In Kaya, 239 school children from 15 intervention schools were randomly selected for the evaluation. In Bogandé, RPO was introduced in 8 schools, another 8 schools served as positive controls (one 60 mg retinol capsule at the end of school year), and 8 schools served as negative controls, with only regular canteen meals. A random sample of 128 pupils in each group took part in the evaluation. The second serum retinol measurement took place when pupils returned for the next school year, before resuming the RPO fortification. **Results:** In Kaya, after 10-40 RPO-fortified meals over one school year, low serum retinol (<0.7µmol/l) went from 49% (CI: 43.1-55.7%) to 13% (CI: 8.4-24.4%). In Bogandé, the rate went from 40% (CI: 31.4-49.4%) to 15% (CI: 8.4-21.4%) in the RPO-fortified group, from 46% (CI: 37.2-55.2%) to 17% (CI: 10.3-23.9%) in the retinol supplemented group, and from 24% (CI: 15.6-31.6%) to 14% (CI: 7.6-20.8%) in the negative control group. **Conclusion:** RPO proved highly effective, and it could be regarded as a local vitamin A "supplement". Funding: Micronutrient Initiative (Canada)

Annexe2: Carte administrative du Burkina Faso

Source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) | Date: 01 Dec 1996



Annexe 3 : Recettes des goûters et bouillies enrichis à l'HPR, et menu des cantines scolaires

Annexe 3.1 : Recettes des goûters enrichis

1. Wesla de petit mil aux feuilles de haricot ou « Kalinbayari » en Gourmatchéma

Ingrédients :

HPR :	1cuillère à soupe soit 15 ml par portion
Semoule de petit mil :	2 grandes boîtes à ras de concentré de tomate (1 kg)
Feuille de haricot :	3 boîtes tassées de concentré de tomate : 856g
Potasse liquide :	3cuillères à soupes soit 45 ml
Eau :	3.5 boîtes moyenne de lait concentré sucré soit 1190 ml
Sel :	1 cuillère à soupe soit 15 ml
Semoule de haricot :	500g

Description :

Mélanger semoule de petit mil plus semoule de haricot

Ajouter les feuilles de haricots pilés et la potasse

Bien mélanger

Verser petit à petit l'eau en malaxant de façon à obtenir une pâte homogène

Ajouter du sel

Bien mélanger

Laisser reposer pendant une heure

Mesurer chaque portion avec la louche aluminium de cuisine de 100 ml, y ajouter une cuillère de 15 ml de l'HPR

Cuire à la vapeur dans un couscoussier pendant 1h 30

Information complémentaire :

Poids de la pâte avant cuisson et sans l'HPR : 3091 g

Poids de la portion sans l'HPR : 206 g

Nombre de portion : 15

Poids total des portion avec HPR : 3316 g

Poids d'une portion avec HPR après cuisson : 209 g

2. « Boal-Boal » de farine de maïs

Ingrédients

Farine de maïs :	2 grandes boîtes à ras de concentré de tomate soit 897 g
Farine de haricot :	1 grande boîte à ras de concentré de tomate soit 473 g
Eau :	3.5 boîtes moyennes de lait concentré sucré soit 1190 g
Potasse liquide :	2 cuillérées à soupe soit 20 ml
HPR	Une cuillérée soit 15 g par portion
Sel :	1 cuillérée à soupe soit 15 ml

Description :

Mélanger la farine de maïs plus le haricot

Mouiller avec l'eau plus la potasse

Travailler la pâte pour obtenir un mélange homogène

Ajouter le sel

Bien mélanger

Mesurer chaque portion avec la louche aluminium de cuisine de 100 ml. y ajouter une cuillérée de l'HPR

Cuire à la vapeur dans un couscoussier, pendant 1 h 30.

Informations complémentaires :

Poids de la pâte avant cuisson et sans l'HPR : 2580 g

Poids de la portion sans l'HPR : 172 g

Nombre de portion : 15

Poids total des portion avec HPR : 2805 g

Poids d'une portion avec HPR après cuisson : 212 g

3. « Djoudjouna » à la pâte fine

Ingrédients :

Pâte de haricot écrasé finement :	2 grandes boîtes de concentré de tomate soit 1558 g
Feuilles de haricot pilées finement :	3 grandes boîtes de concentré de tomate 742 g
Potasse liquide	3 cuillérées à soupe, soit 45 ml
Sel :	1 cuillérées à soupe soit 15 ml
HPR :	1 cuillérée soit 15 g par portion

Description :

Malaxer la pâte de haricot jusqu'à ce qu'elle soit légère

Mélanger les feuilles de haricots pilés plus 2 cuillérées à soupe de potasse

Ajouter ces feuilles à la pâte de haricot

Bien mélanger

Ajouter une cuillérée à soupe de potasse et bien mélanger

Ajouter le sel et bien mélanger

Mesurer les portions avec la louche aluminium de cuisine de 100 ml

Ajouter l'HPR dans chaque portion, bien mélanger et emballer dans un papier

Cuire à la vapeur pendant 45 mn à partir de l'ébullition.

Informations complémentaires :

Poids de la pâte de haricot – feuilles pilées – Potasse – sel : 2345 g

Poids de la portion sans l'HPR : 182 g

Nombre de portion : 12

Poids total des portion avec HPR : 2304 g

Poids d'une portion avec HPR après cuisson : 193 g

4. Biscuit de maïs

Ingrédients :

Farine de maïs :	2.5 grandes boîtes de concentré de tomate soit 1 kg
Sucre en poudre :	200 g
Eau :	2 boîtes moyennes de lait concentré sucré soit 650 ml
Levure chimique	2 sachets de 10 g chacun
Sel :	1 cuillère à café 5 g
HPR :	1 cuillère à soupe soit 15 g par portion

Description :

Mélanger farine de maïs plus levure, sucre et sel

Malaxer la pâte en ajoutant l'eau petit à petit

Diviser la pâte en 15 portions avec la louche aluminium de cuisine de 100 ml

Mettre une cuillère à soupe d'HPR dans chaque portion

Confectionner deux biscuits avec une portion

Cuire au four moyen pendant une heure

Informations complémentaires

Poids de la pâte avant cuisson : 1875 g

Poids de la portion sans l'HPR : 120,5 g

Nombre de portion : 11

Poids total des portion avec HPR : 1925 g

Poids d'une portion avec HPR après cuisson : 140 g

Annexe 3.2 : Recette des bouillies des démonstrations culinaires

1. Bouillie de riz au lait avec un bouillon de légume plus de l'HPR
2. Bouillie de petit mil torréfié avec du jus de tamarin, plus du bouillon de légume et de viande enrichie d'HPR
3. Bouillie de petit mil au soubala avec un bouillon de légume et de viande enrichie d'HPR
4. Bouillie de petit mil avec un bouillon de viande plus de l'HPR

Annexe 3.3 : Menu des cantines scolaires

1. Ingrédients :

- Bulgur de soja
- Haricot rouge
- Huile de soja raffinée et enrichie en VA (9 mg rétinol/kg d'huile)

2. Quantité mensuelle due à chaque écolier

- 4kg de Bulgur
- 1 kg de haricot
- 0,5 l d'huile de soja

3. Plats servis aux écoliers

Avec ces ingrédients trois types de plats sont servis au cours de l'année scolaire aux écoliers :

- Le Bulgur bouilli et servi mélangé à de l'huile de soja
- Du haricot bouilli et servi mélangé à de l'huile de soja
- Le mélange de bulgur et de haricot bouillie et servi avec de l'huile de soja

Annexe 4 : Questionnaire pour l'étude d'impact sur le statut en VA des écoliers de Kaya et Bogandé

PROJET HUILE DE PALME AU BURKINA FASO- PHASE II :
Étude d'impact sur le statut en VA des écoliers

Département de nutrition (Université de Montréal) et collaborateurs,
 sur financement de l'Unicef-Burkina Faso

Département de l'école : _____ **I I I**

Nom de l'école : _____ **I I I**

Date du prélèvement: ___/___/___ **I I II I II I I**
 (Jour-mois-année)

Date de l'enquête ___/___/___ **I I II I II I I**
 (Jour-mois-année)

Section 1 : Identification de l'écolier

Nom et prénom de l'écolier : _____ **I I I I**

Sexe de l'écolier : M F
 (Entourer)

Date de naissance de l'écolier: ___/___/___ **I I I I I I I I**
 (jour/mois/année)

Si la date n'est pas disponible, alors l'âge approximatif : ___/___ **I I I I I I**
 (années/mois)

Classe de l'écolier (entourer) : CP1, CP2
 CE1, CE2
 CM1;CM2 **I I I I**

Section 2 : Morbidité de l'écolier

L'enfant a-t-il été absent de l'école dans les 15 derniers jours ? (*entourer*)

1. Oui

2. Non

I I

6_a. Si oui, combien de jours au total a-t-il été absent ? _____ jours
I I I

6_b. Si non, passer à la question 8

Quel a été le motif de l'absence?

1. Maladie. (*S'il a été malade, passez à la question 8*)

2. Autre motif : Précisez _____ (*passez à la question 9*)

3. Ne sait pas (*passez à la question 9*)

De quoi l'enfant a-t-il souffert ?

L'enfant a-t-il pris une capsule de vitamine A lors des dernières JNV-JNM ?

(*Montrer une capsule de vitamine A à l'enfant et entourer la réponse*)

1. Oui

2. Non

I I

Section 3 : Mesures anthropométriques de l'écolier

10. Poids (kg) : _____

I I I I I

11. Taille (cm) : _____

I I I I I I

Annexe 5 : Questionnaire auprès de ménages à Bogandé

PROJET HUILE DE PALME AU BURKINA FASO- PHASE II :
Consommation de l'HPR et d'autres sources de VA
et déterminants dans les ménages
du département de bogandé

Département de nutrition (Université de Montréal) et collaborateurs

Nom de l'enquêtrice : _____

Date de l'enquête : / /
 (jour-mois-année)

I I II I II I I

Nom prénom de l'écolier : _____

Nom du village / école enquêté : _____

I I I

Section 1 : Caractéristiques du ménage

Qui êtes vous pour l'écolier ?

1. Mère, 2. Personne en charge

I I

Nom et prénom de la mère (ou de la personne en charge) :

Âge de la mère (ou de la personne en charge)

I I II I

Nombre d'enfants de la mère / personne en charge :

I I I

Nombre d'enfants à l'école : _____

I I I

État civil de la mère / personne en charge :

1. Mariée, 2. Co-épouse, 3. Divorcée, 4. Veuve, 5. Célibataire

I I

Niveau d'instruction de la mère ou de la personne en charge :

1. Aucun, 2. École coranique, 3. Alphabétisation, 4. Primaire, 5. Secondaire

I I

Avez vous un revenu qui vous soit propre ? 1. Oui, 2. Non

I I

Si non, aller à la question 9

Si Oui, préciser votre source de ce revenu

1. Vente de condiments, 2. Petit élevage, 3. Agriculture, 4. Autres (préciser
_____.)

I I

Niveau de d'instruction du chef de ménage :

1. Aucun, 2. École coranique, 3. Alphabétisation, 4. Primaire, 5. Secondaire,

I I

Activité principale du chef de ménage :

1. Sans, 2. Commerçant, 3. Éleveur-cultivateur, 4. Artisan, 5. Autres (préciser
_____.)

I I

Type d'habitat :

1. Case en banco, 2. Maison tôlée, 3. Autre (préciser _____) I I

Sources d'eau consommée à domicile :

1. Robinet, 2. Puits, 3. Fontaine publique, 4. Eaux de surface, 4. Autres
(préciser _____)

I I

Genre de toilettes utilisées :

1. Latrines, 2. La nature, 3. Autres (précisez _____)

I I

Section 2 : Connaissances, attitudes et pratiques sur la carence en VA et l'HPR

Connaissez-vous la cécité nocturne ? 1. Oui, 2. Non I _ I

En avez-vous souffert lors de votre dernière grossesse ? 1. Oui 2. Non I _ I

Si oui, à quand remonte votre accouchement ?

____ / ____ / ____

I _ I _ I _ I _ I _ I
(jour-mois-année)

Êtes vous enceinte actuellement ? 1. Oui, 2. Non I _ I

Souffrez vous actuellement de la cécité nocturne ? 1. Oui, 2. Non I _ I

Si oui, est-ce que vous vous soignez ? : 1. Oui, 2. Non I _ I

Si oui, dites avec quoi _____

Si non, dites pourquoi _____

Est-ce qu'un membre de votre famille en a déjà souffert ? 1. Oui, 2. Non I _ I

• Si Oui, dites s'il s'agit de : 1. Homme, 2. Femme, 3. Enfants, 4. Préscolaire

I _ I

Est-ce qu'un membre de votre famille en souffre actuellement ? 1. Oui, 2. Non I _ I

Quels sont selon vous les causes de la cécité nocturne ? :

Comment peut-on selon vous l'éviter ? _____

Comment peut-on la guérir ? _____

Connaissez vous l'huile de palme rouge ? 1. Oui, 2. Non I _ I

Avez-vous déjà consommé de l'huile de palme rouge ? 1. Oui, 2. Non

I I

Si oui, la première fois c'était ?

Quand ? _____

Où ? _____

Aimez-vous le goût de l'huile de palme rouge ?

1. Oui, 2. Un peu, 3. Non

I I

En avez-vous déjà acheté ?

1. Oui, 2. Non

I I

Si Non, pourquoi _____

et passez à la section 3 (Page suivante)

Si oui, préciser quand :

1. La semaine dernière, 2. Dans les derniers 15 jours, 3. Dans le dernier mois,

4. Autre (Préciser _____)

I I

Où l'avez-vous acheté ? _____

Combien avez-vous dépensé la dernière fois que vous avez acheté de l'HPR ?

_____ FCFA' I I

Cette quantité vous dure généralement combien de temps ?

_____ jours _____ semaines _____ mois'

I I I I I

Comment trouvez-vous le prix de l'HPR ?

1. Trop élevé, 2. Abordable, 3. Trop bas, 4. Ne sait pas

I I

Pour qui utilisez-vous l'HPR dans votre ménage ?

1. Enfants de moins de 5 ans, 2. Tous les enfants, 3. Vous-même, 4. Toute la

famille

I I

Comment utilisez-vous l'HPR ?

1. Pendant la cuisson, 2. Dans le plat après la cuisson, 3. Autres
(Préciser _____)

I I

Section 3 : Exposition du ménage aux activités HPR

Questions pour toutes les femmes

Avez-vous entendu parler de l'HPR ?

1. Oui, 2. Non, 3. Ne se souvient pas I I

Si oui, qui vous en a parlé ? _____ I I

Vous souvenez-vous de ce qui a été dit ?

1. Oui, 2. Non I I

Si oui, qu'avez-vous retenu ? _____

Êtes-vous dans un groupement de femmes qui vend de l'HPR ?

1. Oui, 2. Non I I

Question pour les femmes des villages/écoles HPR

Savez-vous qu'il y a une intervention HPR dans l'école du village ?

1. Oui, 2. Non, 3. Ne sait pas I I

Avez-vous assisté et/ou participé à des activités du projet HPR de l'école ?

1. Oui, 2. Non, 3. NSP I I

Si Oui, quelles activités alors lesquelles ?

Si Non, pourquoi ?

Avez-vous déjà parlé de l'HPR avec votre enfant qui va à l'école ?

1. Oui, 2. Non I I

Êtes-vous active dans l'association des parents d'élèves ?

1. Oui, 2. Non I I

Annexe 6 : Formulaire de consentement des écoliers et leurs parents.**PROJET HUILE DE PALME AU BURKINA FASO- PHASE II :**

Évaluation de l'introduction de l'HPR dans les cantines scolaires sur le statut en vitamine A des écoliers et la consommation en HPR et autres sources de vitamine A dans les ménages.

**Chercheur principal :
Hélène Delisle, professeur titulaire,
Département de nutrition, Université de Montréal**

***FORMULAIRE DE CONSENTEMENT DES PARENTS
POUR L'ÉVALUATION DE L'IMPACT DE L'INTRODUCTION DE L'HPR
DANS LES CANTINES SCOLAIRES DE KAYA ET BOGANDÉ***

1. Pourquoi ce projet ?

Ce projet est réalisé conjointement par le Département de nutrition de l'Université de Montréal (Canada), l'Association Burkinabè des économistes sociaux et familiaux (ABÉSF), Unicef Burkina, Helen Keller International (HKI) Burkina, ainsi que l'Institut de recherche en sciences de la santé du Burkina (IRSS) et l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD France). Après la réussite de la phase I du projet d'introduction de l'huile de palme rouge comme supplément alimentaire dans des villages du département de Kaya (Sanmatenga) en vue de lutter contre la carence en vitamine A chez les mères et leurs jeunes enfants, cette deuxième phase comporte un volet d'introduction de l'huile dans des écoles du département de Fada (Gourma), de Kaya et dans la circonscription de Bogandé (Gnagna). Afin de voir si l'enrichissement des repas scolaires a réussi, nous devons pouvoir prendre un peu de sang chez les écoliers et y effectuer des tests. Nous poserons aussi certaines questions aux mères ou gardiennes des enfants pour caractériser la consommation d'HPR et des autres sources de VA dans les ménages.

2. En quoi consiste votre participation au projet?

Dans les écoles de la circonscription de Bogandé et du Département de Kaya, on choisit au hasard des écoliers pour l'étude. Seuls ceux dont les parents auront accepté pourront être inclus dans l'étude. Cela veut dire qu'à deux reprises, on prendra un peu de sang à votre enfant, on va le mesurer, le peser et on vous posera des questions sur vous-même, votre alimentation et votre santé, sur la santé de votre enfant et éventuellement sur son

alimentation. Une personne spécialement préparée pour faire ce travail, un laborantin rattaché à l'hôpital, prendra une petite quantité de sang de votre enfant (environ 5cc) au creux du coude ou au poignet. Dans le sang, on veut vérifier la quantité de vitamine A. L'entrevue durera environ 45 minutes.

3. Avantages et inconvénients de votre participation

L'inconvénient principal, c'est le temps qu'on vous demandera pour répondre aux questions. L'avantage de votre participation et de celle de votre enfant est qu'après avoir analysé le sang de votre enfant, l'on saura s'il a un problème de carence en vitamine A et si oui, on lui administrera une capsule de vitamine A.

Les prélèvements de sang ne sont pas vraiment douloureux et ils ne sont pas dangereux. Ils seront faits avec soin et dans de bonnes conditions d'hygiène. Si votre enfant fait une petite réaction au point de la piqûre, le projet s'engage à lui prodiguer les soins nécessaires.

En participant, vous et votre enfant allez rendre service à votre société et à la science, puisque grâce à vous, on en saura plus sur l'impact de l'huile de palme dans les écoles et sur les possibilités de lutte contre la carence en vitamine A qui nuit à la santé des femmes et des enfants.

4. Compensation pour votre participation

Nous remettons à votre enfant une boîte de sardines et un paquet d'arachides en compensation des frais encourus et des contraintes subies dans le cadre de votre participation. Si votre enfant présentait un problème de santé, le médecin qui fait l'étude vous référerait à la formation sanitaire appropriée.

5. Vous êtes libre de participer et les renseignements seront confidentiels

Vous pouvez librement décider de ne pas participer et vous n'aurez aucune conséquence à craindre, dans vos rapports avec les autorités ou pour les soins de santé ou autres. De même, vous êtes libre de décider plus tard que vous ne voulez plus participer. Il vous suffirait alors d'en informer la personne ressource dont le nom est donné plus loin.

Vous n'avez pas à craindre que l'information que vous donnerez soit rapportée à qui que ce soit. Pour conserver la confidentialité des renseignements obtenus sur vous et votre enfant dans le cadre de cette évaluation, nous vous assignerons un numéro de code. L'information sera traitée et publiée de manière anonyme.

Les informations collectées seront conservées durant une période de 10 ans, suite à laquelle elles seront détruites.

6. Nom des personnes-ressources

Pour tout renseignement ou pour discuter de toute question relative à votre participation, vous pouvez vous adresser à la coordonnatrice nationale du projet au Burkina :

Madame Virginie Ouedraogo _____,
 Coordonnatrice nationale
 Projet 'Huile de palme'

Vous pouvez aussi vous adresser à l'animatrice assignée à votre village (département de Kaya) ou l'animatrice provinciale (Gnagna) qui pourra vous mettre en contact avec la coordonnatrice, ou avec le chercheur principal, Dr. Hélène Delisle, ou son représentant, Dr. Augustin Zèba.

Le nom de votre animatrice est : Madame

7. Adhésion

Je, soussignée, _____ accepte de participer avec cet enfant à l'étude sur la vitamine A chez les écoliers et leurs mères. Je confirme avoir été bien informée de la nature du projet et de ce que notre participation impliquera.

J'ai pu poser les questions que je voulais et j'ai été satisfaite des réponses.

Je sais que je suis libre de participer, comme de me retirer à tout moment. Il suffirait que j'en informe verbalement une des personnes ressources mentionnées plus haut.

J'autorise l'équipe de recherche à consulter le carnet de santé de mon enfant pour obtenir les informations pertinentes à ce sujet.

Nom et prénoms de l'enfant _____ Date _____

Nom et prénom de la mère, _____ Signature _____ Date _____
 de la gardienne, du représentant légal

Nom du témoin _____ Signature _____ Date _____

8. Engagement des chercheurs

Je certifie, en tant que membre de l'équipe d'évaluation du projet et représentant autorisé du chercheur principal: a) avoir lu et expliqué au signataire les termes du présent formulaire de consentement; b) avoir répondu à ses questions à cet égard; c) lui avoir clairement indiqué qu'il / elle était libre de participer à l'étude et de se retirer à tout moment; d) que je lui remettrais une copie signée du présent formulaire.

DR. AUGUSTIN ZÈBA, chercheur
Représentant du chercheur principal

Signature _____ Date _____