

**UNIVERSITE MONTPELLIER II
SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC**

et

**UNIVERSITE DE MONTREAL
FACULTE DES ETUDES SUPERIEURES**

THESE

effectuée en co-tutelle, pour obtenir les grades de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE MONTPELLIER II

Discipline : physiologie

Formation Doctorale : Sciences des aliments

Ecole Doctorale : Science des procédés biologiques et industriels

et de

PHILOSOPHIAE (Ph.D.) DE L'UNIVERSITE DE MONTREAL

présentée et soutenue publiquement

par

Noël Marie ZAGRE

le 26 septembre 2002

Titre :

Projet pilote d'introduction de l'huile de palme non raffinée
comme source de vitamine A au Burkina Faso : évaluation de l'impact

JURY

Michèle Houde-Nadeau, Professeur, Université de Montréal,	Président-rapporteur et membre du jury
Hélène Delisle, Professeur, Université de Montréal,	Directeur de thèse (pour l'Université de Montréal)
Francis Delpuch, Directeur de Recherche, IRD Montpellier,	Directeur de thèse (pour l'Université Montpellier II)
Katherine Gray-Donald, Professeur, Université McGill, Montréal,	Rapporteur
Jacques Berger, Directeur de Recherche, IRD Hanoi,	Rapporteur
Pierre Besançon, Professeur, Université Montpellier II,	Examineur

SOMMAIRE

La carence en vitamine A (VA) reste encore de nos jours un véritable problème de santé publique dans les Pays en développement (PED) en général et au Burkina Faso en particulier. L'efficacité des approches de diversification alimentaire en conditions de vie réelle comme moyen de corriger la carence ou d'améliorer le statut est peu documentée. Un projet pilote a été mis en œuvre pendant 24 mois dans une région du Burkina Faso qui ne produit pas et ne consomme pas habituellement l'huile de palme rouge non raffinée (HPR), pour démontrer la faisabilité et l'efficacité de l'introduction de l'HPR sur une base commerciale, sur le statut en VA des femmes et des enfants en bas âge, dans un contexte d'achat et de consommation libre et volontaire. Les hypothèses posées étaient que l'HPR serait acceptée, achetée et consommée, et que sa consommation se traduirait par une réduction des taux de rétinolémie inférieure à $0,70 \mu\text{mol/l}$ de 30% chez les enfants de moins de cinq ans et les femmes en âge de procréer.

Le projet a fait la promotion de l'HPR en utilisant le marketing social dans dix villages pilotes et un secteur urbain au centre-nord du Burkina Faso (département de Kaya), comptant une population cible d'environ 10 000 femmes et enfants de moins de cinq ans. L'évaluation a porté sur un total de 210 ménages aléatoirement choisis avant le début de l'intervention dans six villages choisis au hasard sur les dix que couvre le projet pilote, ainsi que dans le seul secteur urbain du Département de Kaya (centre-nord du Burkina Faso). Une liste des ménages éligibles, comprenant ceux qui avaient un enfant de 12 à 36 mois et qui vivaient depuis au moins six mois dans le village a été utilisée pour le tirage.

Le protocole d'étude est celui d'une évaluation longitudinale pre/post (sans groupe témoin). Trois enquêtes ont été conduites : avant, 12 mois et 24 mois après le début de l'intervention. Le rétinol sérique a été mesuré avant et à la fin de l'intervention. Les données de consommation alimentaire, de connaissances, attitudes et pratiques ainsi que les données socio-économiques, de morbidité récente et d'anthropométrie des enfants ont été collectées aux trois enquêtes.

Les apports en VA ont été estimés à l'aide d'un questionnaire de fréquence de consommation validé au Niger. Les apports d'origine végétale ont été évalués sur une base hebdomadaire tandis que le rétinol préformé d'origine animale l'a été mensuellement. Le facteur de conversion de 12 μg de β -carotène pour 1 μg EAR (Equivalent activité rétinol), récemment recommandé par l'Institute of Medicine des USA a été utilisé. Le rétinol sérique a été déterminé par HPLC (Chromatographie liquide à haute performance) dans les laboratoires de l'université de Ouagadougou (Burkina).

Les résultats montrent que deux ans après le début, 42,5 % des enfants et 43,5% des mères avaient consommé l'HPR au cours de la semaine précédant l'enquête. Les apports moyens quotidiens en VA ont atteint $514 \pm 77 \mu\text{g}$ EAR (120% des apports de sécurité) chez les enfants et $655 \pm 144 \mu\text{g}$ EAR (97% des apports de sécurité) chez les mères. La quantité moyenne d'HPR consommée par jour en fin d'intervention était de $3,1 \pm 0,1 \text{ g}$ et $4,7 \pm 0,2 \text{ g}$ respectivement pour l'ensemble des enfants et des mères. Ces quantités moyennes journalières passent à $10,8 \pm 1,1 \text{ g}$ pour les enfants et $14,6 \pm 1,1 \text{ g}$ pour les mères qui avaient consommé, ce qui correspond à une contribution respective de 1220 μg EAR et de 1650 μg EAR.

La teneur moyenne de rétinol sérique est passée de $0,55 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$ en 1999 à $0,64 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$ en 2001 chez les enfants ($p=0,012$) et de $0,69 \pm 0,04 \mu\text{mol/l}$ à $0,95 \pm 0,08 \mu\text{mol/l}$ chez les mères ($p=0,0001$). La proportion de rétinolémies inférieures à $0,70 \mu\text{mol/l}$ a connu une baisse significative, passant de $84,5 \pm 6,4\%$ à $66,9 \pm 11,2 \%$ chez les enfants ($p=0,004$) et de $61,8 \pm 8,0 \%$ à $28,2 \pm 11,0 \%$ chez les mères ($p=0,0001$).

Les analyses de régression multiple ont révélé que les apports en VA (variable médiatrice de l'intervention) étaient associés à l'accroissement du rétinol sérique. Cette évolution du rétinol sérique est également influencée par le rétinol sérique initial chez les enfants et les mères (un statut initial faible étant favorable) et les autres facteurs (taille de la fratrie, statut socio-économique et retard statural) le sont, semble-t-il, dans la mesure où ils sont en lien avec la rétinolémie initiale.

Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence la faisabilité et l'efficacité de l'introduction de l'huile de palme sur le statut en VA. Cette étude est la toute première à tester une approche alimentaire où les sujets sont encouragés à acheter et à consommer volontairement l'HPR. Elle suggère que l'HPR pourrait être intégrée dans les stratégies nationales de lutte contre la carence en VA au Burkina, et peut-être dans d'autres pays. Etant donné que seulement 33% des enfants et 72% des mères avaient des teneurs normales en rétinol sérique en fin d'intervention, on peut supposer que la durée de l'intervention n'était pas suffisante et qu'il est nécessaire d'associer des mesures de santé publique.

Mots clés : Huile de palme rouge - vitamine A - diversification alimentaire - impact - enfants - femmes - Burkina Faso

SUMMARY

Vitamin A (VA) deficiency is still a public health problem in many developing countries including Burkina Faso (West Africa). The effectiveness of dietary diversification approaches at population level is still poorly documented. A two-year pilot project was undertaken to demonstrate the feasibility of introducing red palm oil (RPO) on a commercial basis in a non-consuming area, and its effectiveness in improving VA intake and status of mothers and children. The hypotheses were that RPO would be accepted and purchased, and that its use would result in a reduction of low serum retinol concentrations ($<0.70 \mu\text{mol/l}$) by 30% in under-five children and in women of reproductive age.

The pilot project involved social marketing of RPO in ten villages and an urban area in north-central Burkina Faso (Kaya Department), targeting approximately 10 000 women and under-five children. The evaluation of the project was done on 210 mother-child pairs randomly selected at baseline in six of the 10 pilot villages (also selected at random), and in the urban site of the intervention. The subjects were selected from a list of eligible households, that is, comprising a child aged between 12 and 36 months, and living in the area for at least 6 months.

A pre /post intervention design (no control area) was used to assess changes in VA intake and status of mothers and children. Three survey rounds were conducted: before the onset of promotional activities, at mid-term (after one year), and ex-post, after 24 months. Serum retinol was only measured twice, at baseline and in the final survey. Data on mothers' and children's food intake, on mothers' knowledge, attitudes and practices, on children's anthropometric and recent morbidity status, and on socio-demographics were collected in each survey.

VA intakes were assessed using a food frequency questionnaire previously validated in Niger. Frequency was assessed on a weekly basis for plant sources of VA, and on a monthly basis for animal sources of preformed VA. We used a conversion factor of $12 \mu\text{g}$ of β -carotene for 1 retinol activity equivalent (RAE), as recently recommended by the Institute of Medicine, USA. Serum retinol was measured by HPLC (high performance liquid chromatography) in the laboratories of the University of Ouagadougou (Burkina Faso).

The results showed that after 2 years, 42.5% of children and 43.5% of mothers had consumed RPO in the week prior to the survey. Mean daily VA intakes of children and mothers reached respectively 514 ± 77 REA (97% of safe intake level) and 655 ± 144 μg (120% of safe intake). Mean daily consumption of RPO in the whole sample was 3.1 ± 0.1 g (standard error) in children and 4.7 ± 0.2 g in mothers at the time of the last survey, and 10.8 ± 1.1 g and 14.6 ± 1.1 g in children and mothers reporting RPO consumption, with a respective contribution of 1220 RAE and 1650 RAE.

Mean serum retinol concentrations significantly increased from 0.55 ± 0.04 $\mu\text{mol/l}$ at baseline to 0.64 ± 0.04 $\mu\text{mol/l}$ 2 years later in the children ($p=0.012$), and from 0.69 ± 0.04 $\mu\text{mol/l}$ to 0.95 ± 0.08 $\mu\text{mol/l}$ in the mothers ($p=0.0001$). Rates of low serum retinol significantly declined from $84.5 \pm 6.4\%$ to $66.9 \pm 11.2\%$ in the children ($p=0.004$), and from $61.8 \pm 8.0\%$ to $28.2 \pm 11.0\%$ in the mothers ($p=0.0001$).

Multiple regression analyses showed that the increases in serum retinol (main outcome measure) were associated with changes in VA intakes (variable mediating project effect). Serum retinol changes were modulated in children and in mothers by baseline serum retinol level, with the largest response observed in initially deficient subjects. Other modulating factors were socio-economic status, number of siblings and stunting at baseline, which were also associated with baseline retinol.

Therefore, the study provides strong evidence of the feasibility and effectiveness of RPO introduction. This was the first evaluation study of a dietary diversification project focussing on a VA food which the target population was free to consume but had to purchase. The positive results indicate that RPO is promising as part of a national VA strategy, in Burkina Faso and perhaps also in other countries. The findings also suggest, however, that the duration of the intervention may not have been sufficient, and that additional public health measures are required, since by the end of the two-year RPO pilot project, only 33% of children and 72% of mothers had normal serum retinol concentrations.

Keys words: Red palm oil – vitamin A – food diversification – impact – children – women – Burkina Faso

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE	5
<i>1.1. Généralités sur la vitamine A et les caroténoïdes provitamines A</i>	<i>5</i>
<i>1.2. Données physiologiques</i>	<i>6</i>
1.2.1. Besoins et apports de sécurité en vitamine A	6
1.2.2. Digestion, absorption et transport	10
1.2.3. Vitamine A, différenciation cellulaire et immunité	11
1.2.4. Inter actions nutritionnelles avec la VA	12
1.2.5. Bio-disponibilité et bio-efficacité des caroténoïdes provitaminiques A14	
1.2.5.1. Mécanismes de la bioconversion	15
1.2.5.2. Etudes de la bio-disponibilité	17
1.2.5.3. Les facteurs influençant ou déterminant la bio-disponibilité	18
1.2.5.4. Les progrès réalisés dans la détermination des facteurs de conversion du β -carotène en rétinol	26
<i>1.3. Données épidémiologiques sur la carence en vitamine A: les déterminants</i> 30	
1.3.1. Modèle causal de la carence en VA	31
1.3.2. Les apports alimentaires en VA et l'allaitement maternel	35
1.3.3. L'âge, le sexe des enfants et l'état physiologique	37
1.3.4. Le rôle des infections et des parasites	39
1.3.5. Le statut socio-économique	42
<i>1.4. Les méthodes d'évaluation du statut en vitamine A</i>	<i>43</i>
1.4.1. Méthode d'évaluation au stade clinique	43
1.4.2. Méthodes d'évaluation au stade subclinique	44
1.4.2.1. L'évaluation directe des réserves en vitamine A de l'organisme ..	44
1.4.2.2. L'évaluation indirecte des réserves hépatiques	45
1.4.2.3. L'évaluation du taux de rétinol circulant	47
1.4.2.4. Le rétinol du lait maternel	48
1.4.2.5. Les autres indicateurs du statut en vitamine A	49
1.4.2.6. Critères de choix d'une méthode d'évaluation du statut VA	51
1.4.2.7. Critères de sévérité de la carence en vitamine A à l'échelle des populations	52
1.4.3. L'évaluation des apports de VA comme méthode indirecte d'évaluation du statut	53
1.4.3.1. Evaluation des apports en VA	54
1.4.3.2. Lien entre les apports et le statut en VA	56
1.4.3.3. Facteurs influençant les apports de VA	57
<i>1.5. Les approches alimentaires de lutte contre la carence en vitamine A: modalités et impact</i>	<i>58</i>
1.5.1. Stratégies de diversification alimentaire et d'enrichissement	59
1.5.2. Le problème de l'évaluation des approches de diversification alimentaire	62

1.5.3. Données sur l'impact des approches de diversification alimentaire et d'enrichissement.....	64
1.5.3.1. Impact des approches de diversification alimentaire.....	65
1.5.3.2. Impact de la stratégie d'enrichissement en VA.....	67
1.5.4. Conclusion sur les stratégies d'intervention alimentaire contre la carence en vitamine A.....	71
1. 6. <i>L'huile de palme rouge comme source de vitamine A</i>	72
1. 6.1. Données botaniques et agronomiques sur le palmier à huile.....	72
1. 6.2. L'Huile de Palme Rouge.....	73
1.6.2.1. Profil lipidique et teneur en caroténoïdes.....	74
1.6.2.2. Situation de la production de l'huile de palme rouge au Burkina Faso.....	78
1.6.2.3. Salubrité et conservation de l'huile de palme rouge.....	79
1.6.3. Efficacité des interventions utilisant l'HPR comme source de VA.....	83
1.7. <i>Conditions d'efficacité des approches de diversification alimentaire pour la VA</i>	87
CHAPITRE 2 : LE CONTEXTE DE L'ETUDE	89
2.1. <i>Situation alimentaire et nutritionnelle du Burkina Faso</i>	89
2.1.1. Situation alimentaire.....	89
2.1.2. Situation nutritionnelle.....	90
2.1.3. Situation sanitaire.....	91
2.2. <i>Situation particulière de la carence en vitamine A au Burkina</i>	92
2.2.1. L'étendue de la carence.....	92
2.2.2. Les interventions en cours et les perspectives.....	94
2.3. <i>Le Projet pilote huile de palme rouge au Burkina Faso, cadre de l'étude</i>	95
2.3.1. Enjeux du projet.....	96
2.3.2. Pourquoi l'huile de palme rouge et pourquoi la zone de Kaya?.....	96
2.3.3. Objectifs et résultats attendus de l'intervention.....	98
2.3.4. Activités réalisées dans le cadre du projet.....	99
2.3.4.1. Les activités de formation et de mobilisation des partenaires en faveur du projet.....	100
2.3.4.2. Activités de promotion de l'huile de palme rouge.....	101
2.3.4.3. Approvisionnement, contrôle de qualité et commercialisation de l'HPR.....	105
2.3.4.4. Les activités de recherche, comprenant l'évaluation et les études.....	108
CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE	110
3.1. <i>Finalité, but, objectifs et hypothèses de recherche</i>	110
3.2. <i>Portée et originalité de l'étude</i>	111
3.3. <i>Protocole d'évaluation pre-post</i>	112
3.4. <i>Population et échantillon de l'étude</i>	114
3.5. <i>Les variables à l'étude</i>	116
3.5.1. Variables dépendantes.....	119
3.5.1.1. Le rétinol sérique, comme indicateur du statut en vitamine A.....	119
3.5.1.2. Les apports en vitamine A.....	120
3.5.1.3. Les Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) des femmes ...	120

3.5.2. Variables indépendantes	121
3.5.2.1. Les variables liées à l'intervention	122
3.5.2.2. Les variables liées à l'enfant	122
3.5.2.3. Les variables liées à la mère	123
3.5.2.4. Les variables liées au ménage.....	124
3.6. Méthodes et outils de mesure.....	124
3.6.1. Méthodes biochimiques	124
3.6.1.1. Collecte des échantillons de sang	124
3.6.1.2. Dosage du rétinol sérique	125
3.6.1.3. L'interprétation de la teneur de la rétinolémie	126
3.6.2. Méthodes anthropométriques.....	126
3.6.2.1. Collecte des données anthropométriques des enfants.....	126
3.6.2.2. Traitement des données anthropométriques	127
3.6.3. Morbidité récente des enfants	127
3.6.4. Questionnaires	128
3.6.4.1. Questionnaire sur les CAP des mères en lien avec l'HPR, les aliments sources de vitamine A et la cécité nocturne	128
3.6.4.2. Questionnaire de fréquence de consommation des aliments sources de vitamine A.....	129
3.6.4.3. Collecte des données socio-économiques.....	130
3.6.5. Déroulement de l'enquête	130
3.6.5.1. Recrutement et formation des enquêtrices.....	130
3.6.5.2. Conduite des interviews.....	131
3.7. Traitement, analyse statistique et interprétation des données.....	132
3.7.1. Table de composition en vitamine A	132
3.7.2. Calcul et interprétation des apports alimentaires de vitamine A	133
3.7.3. Estimation des apports de rétinol dus à l'allaitement	134
3.7.4. Analyses statistiques.....	135
3.7.4.1. Étapes préliminaires.....	135
3.7.4.2. Analyses proprement dites.....	139
3.8. Considérations éthiques.....	142
CHAPITRE 4 : ARTICLES PUBLIES OU SOUMIS.....	144
4.1. Article 1: <i>Évaluation des résultats d'un projet pilote de promotion de l'huile de palme rouge au Burkina : résultats après 12 mois d'intervention</i>	145
4.1.1. Notre contribution à cet article	145
4.1.2. Accord des co-auteurs et de l'éditeur	145
4.2. Article 2: <i>Red palm oil as source of vitamin A for mothers and children: impact of a pilot project in Burkina Faso</i>	154
4.2.1. Notre contribution à cet article	154
4.2.2. Accord des co-auteurs.....	154
CHAPITRE 5 : RESULTATS ET DISCUSSION COMPLEMENTAIRES	183
5.1. <i>Comparaison des caractéristiques des sujets présents et de ceux absents au prélèvement sanguin du passage 3</i>	183
5.2. <i>Rétinol sérique initial des sujets suivis et des sujets perdus</i>	189
5.3. <i>Évolution du rétinol sérique des sujets ayant complété le suivi</i>	190

5.4. Evolution des Connaissances, attitudes et pratiques des femmes entre le début et la fin du projet pilote.....	191
5.4.1. Connaissance de la cécité nocturne	191
5.4.2. Familiarité des femmes avec le projet	193
5.4.3. Perceptions des femmes sur l' HPR	194
5.4.4. Utilisations de HPR	197
5.5. Evolution de la consommation de l'ensemble des aliments sources de VA au cours du projet.....	200
5.6. La consommation d'HPR par les enfants et les femmes	206
5.6.1. Taux et consommation moyenne d'HPR	207
5.6.2. Lien entre le profil socio-économique et la consommation d'HPR par les mères.....	209
5.6.3. Lien entre la consommation d'HPR et l'évolution du rétinol sérique .	213
CHAPITRE 6 : DISCUSSION GENERALE.....	218
6.1. Rappel des principaux résultats.....	218
6.2. Interprétation des apports en VA.....	219
6.3. Le paradoxe de la reponse suivant le statut initial en vitamine A.....	221
6.4. Les limites de l'étude.....	223
6.5. Implications pratiques de l'étude.....	225
CHAPITRE 7 : CONCLUSIONS ET PISTES DE RECHERCHE.....	228
Liste des références bibliographiques.....	232
ANNEXES	265

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I: Apports recommandés selon la FAO/OMS et différents pays	9
Tableau II: Classement des indicateurs biologiques utilisés pour des études en population	52
Tableau III: Interprétation de la sévérité de la carence en vitamine A	53
Tableau IV: Coût- efficacité comparé de trois interventions nutritionnelles	71
Tableau V: Profil en acides gras de l'huile de palme	75
Tableau VI: Composition en acide gras de l'huile de palme et de l'huile de noix palmiste	76
Tableau VII: Teneurs en caroténoïdes d'HPR de différentes sources	78
Tableau VIII : Synthèse des données épidémiologiques sur la carence en vitamine A	93
Tableau IX: Nombre de participants à quelques activités du projet	103
Tableau X: Qualité de l'HPR	108
Tableau XI: Grille d'interprétation des niveaux de gravité de la carence en VA	126
Tableau XII: Taux et poids de sondage suivant les strates	136
Tableau XIII : Poids de sondage et poids de redressement	138
Tableau XIV : Rétinol sérique initial des enfants et des mères suivis et de ceux perdus	188
Tableau XV : Rétinol sérique des enfants et des mères suivis aux deux passages de prélèvements	189

Tableau XVI : Profil des ménages à données manquantes ou disponibles après 24 mois	190
Tableau XVII : Réponses déclarées et évolution des proportions de femmes sur leurs connaissances en matière de cécité nocturne	192
Tableau XVIII : Evolution des indicateurs de familiarité des femmes avec le projet	194
Tableau XIX : Perceptions des femmes sur l'HPR	197
Tableau XX : Mode d'utilisation et connaissances des quantités d'HPR recommandées pour les enfants et les femmes	199
Tableau XXI : Consommation des ASVA par les enfants	203
Tableau XXII : Consommation des aliments sources de VA par les mères	206
Tableau XXIII : Consommations moyennes d'HPR par jour	209
Tableau XXIV : Lien entre le profil socio-économique des ménages, l'anthropométrie initiale des enfants et leur consommation d'HPR	212
Tableau XXV : Comparaison de l'évolution de la rétinolémie selon le statut de la consommation d'HPR chez les enfants	216
Tableau XXVI : Comparaison de l'évolution de la rétinolémie selon le statut de la consommation d'HPR chez les mères	217

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Modèle conceptuel des causes de la carence en vitamine A de Bloem	32
Figure 2: La carence en VA à Kaya: l'arbre des causes	34
Figure 3: Activité vitaminique A d'échantillons d'HPR du Burkina	82
Figure 4: Ventes totales d'HPR par semestre	107
Figure 5 : Le protocole de recherche	114
Figure 6: Présentation de variables mesurées	118
Figure 7: Evolution des effectifs aux trois passages	186

SIGLES ET ABREVIATIONS

ASVA	Aliment source de vitamine A
AVCI	Années de vie corrigée pour l'invalidité
CAP	Connaissances Attitudes Pratiques
CI	Confidence Interval
EAR	Equivalent activité rétinol
EBC	Equivalent Beta Carotène
IOM	Institute of Medecine
IRSS	Institut de recherches en sciences de la santé
IVACG	International Vitamin A Consultative Group
JNM	Journée Nationale des Micro nutriments
JNV	Journées nationales de vaccination
LDL	Low Density Lipoprotein
MRDR	Modified Relative Dose Response
NAS	National Academy of Science
NFI	Nutrition Foundation of India
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONG	Organisation non gouvernementale
PED	Pays en développement
PNAN	Plan national d'action pour la nutrition
PPC	Post Prandrial Chylomicrons
QFC	Questionnaire de fréquence de consommation
RAR	Retinoic Acid Receptor

RBP	Retinol Binding Protein
RDR	Relative Dose Response
REA	Retinol equivalent activity
SE	Standard Error
SMI	Santé maternelle et infantile
TTR	Transtyréthine
UFR/SDS	Unité de Formation et de recherche/Sciences de la santé
UICPA	Union Internationale de Chimie Pure et appliquée
UNICEF	Fonds des nations unies pour les enfants
USA	United States of America
UVIS	UV Visible (lampe)
VA	Vitamine A
VAST	Vitamin A Study Team
WHO	World Health Organisation

INTRODUCTION

La carence en vitamine A, qui touche 96 pays dans le monde, constitue un problème de santé publique majeur dans de nombreux PED où elle affecte surtout les enfants d'âge préscolaires et les femmes enceintes. La situation de la carence dans le monde a fait l'objet d'une monographie publiée en 1995 (1). L'Afrique aurait le taux de prévalence de carence clinique le plus élevé tandis que pour le nombre de sujets cliniquement atteints, l'Asie du Sud Est viendrait en tête. Parmi les enfants de moins de cinq ans touchés par la carence, environ trois millions ont des signes de xérophtalmie tandis que la majorité des 140 à 250 millions d'enfants atteints présentent une carence subclinique.

Du point de vue des conséquences, la carence en vitamine A représenterait la première cause de cécité et de troubles visuels sévères évitables chez les enfants. On estime de 250 000 à 500 000 le nombre d'enfants carencés qui deviennent aveugles chaque année. On estime à un million le nombre d'enfants qui meurent chaque année à la suite d'infections auxquelles ils auraient survécu s'ils n'avaient pas été carencés en vitamine A (2). La carence accroît significativement les risques de morbidité sévère et de mortalité suite aux infections courantes des enfants, particulièrement les diarrhées et la rougeole. Beaton et al, à partir d'une méta-analyse portant sur huit essais, ont conclu que la supplémentation en vitamine A des enfants des zones où la carence est un problème réduisait de 23% le risque de mortalité (3). Chez les femmes enceintes, la carence en vitamine A, évaluée par la cécité nocturne, atteint un taux de prévalence parfois très élevé, et notamment de 10 à 20% dans le Sud Est asiatique.

Au Burkina Faso, la carence en vitamine A est très répandue et frappe surtout les enfants en bas âge et les femmes. La prévalence de cécité nocturne, émanant d'enquêtes menées dans plusieurs régions du pays, va de 1,0 à 5,7% chez les enfants de moins de dix ans et ce, malgré un programme de supplémentation médicamenteuse en cours depuis de nombreuses années. Le pays n'a pas fait l'objet d'étude sur la

carence subclinique dans le pays, en dehors de celle publiée en 1980 et qui rapportait 12 sujets à teneur faible sur 17 enfants, soit un taux de prévalence de 70,6% de faible rétinolémie (4). Par ailleurs, aucune donnée à l'échelle nationale n'est encore disponible de nos jours.

Bien que les différentes politiques nationales affirment la nécessité d'associer dans la lutte contre la carence en vitamine A la supplémentation médicamenteuse (distribution universelle de capsules de VA aux enfants de 6 mois à 6 ans) aux approches alimentaires, force est de constater que pour l'instant, l'essentiel des actions sont concentrées sur les campagnes de masse de supplémentation. Le couplage actuel avec les campagnes de vaccination contre la poliomyélite permet une couverture dépassant 90%, mais cela n'est possible qu'une seule fois par année, alors qu'il faudrait au minimum deux à trois capsules chaque année. En outre, ces taux de couverture satisfaisants étant obtenus grâce à cette stratégie combinant distribution de capsules et vaccination, il y a lieu de craindre bientôt un recul, voire un arrêt des supplémentations, les objectifs de la campagne contre la poliomyélite étant atteints.

Sur le plan alimentaire, les approches visant à diversifier les régimes alimentaires et à enrichir certains aliments de consommation courante n'ont eu jusque là que très peu d'attention. Les meilleures sources alimentaires de VA, les produits animaux, ne sont pas accessibles à la grande majorité de la population des PED en raison de leur coût élevé. Certains fruits représentent aussi une bonne source de provitamine A végétale, cependant ils ne sont que très peu consommés dans les zones rurales. En réalité la principale source de VA pour la population reste la provitamine A des végétaux, et principalement celle des légumes feuilles utilisés en sauce. Or si ces légumes sont consommés de façon fréquente dans les sauces accompagnant le plat de base, ils le sont en faible quantité. De surcroît, la valeur vitaminique A des provitamines A des feuilles légumes est bien moindre que l'on ne le croyait (5), et beaucoup de travaux tendent à remettre en cause la possibilité d'assurer des apports adéquats en VA à partir de ces seules sources (6-9).

Dans ce contexte, l'huile de palme rouge (HPR) constitue une source alimentaire de VA particulièrement intéressante, en raison de sa teneur très élevée en provitamine A dont la biodisponibilité est, de surcroît, largement supérieure à celle des feuilles vertes. Elle est également un aliment traditionnel pour une bonne partie de l'Afrique. De plus, l'HPR a fait l'objet de nombreux essais contrôlés qui ont démontré son efficacité biologique et on dispose d'évidence scientifique à ce sujet.

C'est la raison pour laquelle un projet pilote a expérimenté son introduction sur une base commerciale comme source concentrée de provitamine A pour les enfants et les femmes pour lutter contre la carence en VA dans une région qui n'en produit et n'en consomme pas mais dans laquelle la prévalence de la carence en VA est élevée.

Nos travaux de recherche ont consisté précisément à évaluer l'efficacité de cette approche de consommation libre et volontaire du nouveau produit: Compte tenu de tous les facteurs susceptibles d'agir sur la décision volontaire des populations d'utiliser l'HPR suivant les recommandations et les incitations du projet, la principale question de recherche est de savoir si l'efficacité de l'HPR déjà démontrée dans des essais contrôlés et randomisés serait conservée en situation réelle.

Cette recherche évaluative constitue pour le projet pilote une étape indispensable avant d'envisager l'extension du projet à d'autres régions et sa généralisation et cette thèse en donne les résultats.

L'ouvrage comporte une introduction et s'articule en sept chapitres. L'introduction justifie la recherche et introduit la problématique tandis que le premier chapitre est consacré à la revue de la littérature sur la carence en vitamine A ainsi que les stratégies de lutte à base alimentaire et l'huile de palme non raffinée. Le deuxième chapitre présente le projet pilote, en tant que cadre dans lequel notre recherche a été conduite, tandis que le troisième traite des aspects méthodologiques. Nous présentons les articles issus de notre recherche dans le quatrième chapitre, puis les résultats et une discussion complémentaires dans un cinquième chapitre avant de proposer une discussion générale de l'ensemble des résultats dans le sixième chapitre. Enfin, le

septième chapitre traite des principales conclusions de l'étude et propose des pistes de recherche.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE

Ce premier chapitre consacré à la revue de la littérature commencera par des données générales sur la vitamine A et les caroténoïdes provitamines A. Puis, il abordera les aspects physiologiques, notamment les sources alimentaires, l'absorption et les besoins physiologiques et les rôles biologiques de la vitamine A. Il s'intéressera particulièrement aux questions très actuelles de bio-efficacité et de facteurs de conversion, avant de présenter dans une troisième section les données épidémiologiques de la carence en VA. Nous traiterons ensuite des méthodes d'évaluation du statut en VA, puis dans la cinquième section des principales stratégies d'intervention à base alimentaire avant de terminer par les aspects concernant l'utilisation de l'HPR comme source de VA.

1.1. GENERALITES SUR LA VITAMINE A ET LES CAROTENOÏDES PROVITAMINES A

L'appellation « vitamine A » correspond, au sens strict, à la substance chimique "*trans* rétinol". Au sens large, il s'agit d'un terme nutritionnel qui désigne un ensemble de composés essentiels et liposolubles, structurellement proches du rétinol et développant son activité biologique (10). Il désigne également les caroténoïdes qui servent comme précurseurs alimentaires de la vitamine A (10) et les rétinoïdes actifs. Parmi les rétinoïdes, la forme *trans* rétinol constitue la vitamine A naturelle la plus active (11). Deux autres métabolites, le rétinol et l'acide rétinoïque développent leur activité métabolique A, respectivement au niveau du pigment visuel et dans la différenciation cellulaire en tant que messenger intracellulaire (12).

Les caroténoïdes sont des composés pigmentaires présents dans les végétaux. Tous lipophiles, les caroténoïdes sont de couleur jaune, orange ou rouge. Plus de 600 caroténoïdes naturels ont été isolés et caractérisés jusqu'à nos jours (11), mais pour développer une activité vitaminique A, ils devraient obligatoirement avoir un noyau bêta ionone et une chaîne latérale polyénique d'au moins 11 atomes de carbones.

Parmi tous ces caroténoïdes, le β -carotène représente le plus abondant et le plus actif (11) au plan de son activité vitaminique A. Les autres caroténoïdes à activité vitaminique A sont l' α carotène, la β -cryptoxanthine, et la zéaxanthine. La lutéine et le lycopène, principal pigment présent dans la tomate ne sont pas pro vitaminiques, mais auraient une activité antioxydante importante, qui serait à même de retarder le développement de certains processus cancéreux (13-15).

1.2. DONNEES PHYSIOLOGIQUES

Nous traiterons dans cette section de certains aspects physiologiques de la VA. Parmi les sujets abordés, un accent particulier a été accordé aux besoins en VA, ainsi qu'à la bio-disponibilité et la bio-efficacité car le sujet est d'un intérêt scientifique actuel. Nous avons également insisté sur les approches de diversification alimentaire et d'enrichissement pour la VA.

1.2.1. Besoins et apports de sécurité en vitamine A

Les besoins et les apports correspondent à deux notions théoriques différentes. Les besoins représentent une donnée physiologique qui correspond à la quantité de nutriment nécessaire à l'organisme pour faire face aux dépenses normales. Cependant les dépenses sont elles mêmes difficiles à estimer. Les apports sont les quantités apportées de façon exogène pour satisfaire le besoin. Différents niveaux d'apports ont été définis (16) mais le plus important, d'un point de vue opérationnel, est l'apport de sécurité. Les apports de sécurité correspondent, pour un individu ou un groupe d'individus à un stade physiologique donné, aux apports qui assureront, s'il est maintenu, des réserves adéquates en vitamine A et une bonne santé à presque tous les individus. Ces apports sont calculés en ajoutant au besoin moyen de base, deux écarts - types, ce qui permet de couvrir les besoins de 97,5% de la population (16, 17). La distribution des besoins en vitamine A au niveau des populations montre qu'il y a une grande variabilité, de sorte que des individus de même âge et de même sexe, auront des besoins situés de part et d'autre du besoin moyen, niveau d'apport qui ne

pourrait satisfaire que les 50% de la population dont les besoins réels sont inférieurs ou correspondent à ce niveau moyen.

Les apports de sécurité ont été fixés pour différents groupes d'âge; à titre indicatif, les enfants de 1 à 6 ans ont un apport de sécurité de 400 μg d'équivalent-activité rétinol (EAR) par jour, tandis que chez les femmes, ils sont de 600 μg EAR lors de la grossesse et 850 μg EAR pendant l'allaitement (16). Compte tenu des critères qui ont prévalu à la détermination de ces niveaux d'apports de sécurité, l'on pourrait se demander dans quelle mesure ils sont appropriés pour les enfants des PED. En effet, on peut rappeler que ces chiffres adoptés par l'OMS ont été basés sur les besoins moyens, lesquels ont été estimés chez des sujets en bon état de santé. De surcroît ils ont d'abord été fixés par kilogramme de poids chez les préscolaires, puis calculés en tenant compte du poids médian pour chaque groupe d'âge. En fonction du niveau de la morbidité et de croissance des enfants, il y a lieu d'utiliser avec prudence ces niveaux d'apport de sécurité.

Par ailleurs, certains pays ont leurs propres valeurs de référence pour les besoins; cette situation tient au fait qu'il y avait quatre options pour définir les besoins en vitamine A, et que certains pays ont privilégié plutôt l'une que l'autre (18). L'option 1 définissait les besoins en VA comme l'apport qui satisfait le besoin de 50% de la population, comme c'est le cas pour les besoins énergétiques, tandis que l'option 2 considérait le besoin comme l'apport couvrant le besoin de presque tous les sujets (97,5%), comparable aux besoins de sécurité en protéines. Une troisième option estimait que le besoin en VA correspondait à l'apport qui permet des réserves adéquates pour 50% des sujets, et enfin l'option 4 préconisait que l'apport permette des réserves adéquates pour presque tous les sujets (97,5%).

Les valeurs de la FAO/OMS reposent sur les options 2 et 4, utilisées pour définir respectivement le besoin de base et l'apport de sécurité; il en est de même pour les pays nordiques. D'autres pays, notamment le Japon, le Royaume Uni et les Etats Unis ont préféré une valeur unique basée sur l'option 4. Pour ces pays, nous avons synthétisé au tableau I les valeurs des apports recommandés. Même lorsque l'option est la même, on note des différences dans les recommandations selon la source, ce qui

ne peut tenir qu'à des interprétations variables des données scientifiques au moment de l'adoption de ces recommandations.

Tableau I Apports recommandés selon la FAO/OMS et différents pays (en μg EAR par jour)

Groupes	FAO/OMS ¹		Royaume Uni ²	Japon ³	Pays nordiques ⁴		USA ⁵
	BESOINS DE BASE	Apport de sécurité	Apport recommandé	Apport recommandé	Niveau minimal	Apport recommandé	Apport recommandé
Nourrissons	180	350	350	400	200	420	375
Hommes adultes	300	600	700	600	600	1000	1000
Femmes adultes	270	500	600	540	600	800	800
Grossesse	+ 100	+ 100	+ 100	+ 60	-	+ 200	+ 0
Allaitement	+ 180	+ 350	+ 350	+ 420	-	+ 400	+ 500

¹ (16)

² (19)

³ (20)

⁴ (21)

⁵ (22)

1.2.2. Digestion, absorption et transport

Les formes alimentaires de vitamine A sont principalement les esters de rétinol et les caroténoïdes, notamment le β -carotène. Grâce à l'action de protéases, ces molécules sont libérées, puis incorporées dans les micelles de globules gras (23). Ils s'engagent dans la paroi intestinale, traversent la double membrane lipidique des entérocytes et parviennent au cytoplasme. La bioconversion des caroténoïdes en rétinol, puis leur réduction en rétinol se fait à ce niveau; le rétinol est estérifié, puis il est incorporé avec les esters de rétinol provenant directement des aliments ingérés dans les chylomicrons, qui gagnent le système lymphatique puis le foie. Cependant, une partie du rétinol est oxydée en acide rétinoïque et emprunte le système porte en même temps que les autres métabolites issus du clivage excentrique du β -carotène, pour rejoindre le foie. Il existe un équilibre entre le rétinol et le rétinol qui les rend interconvertibles ; il n'en est pas de même pour l'acide rétinoïque.

Dans le foie, deux situations peuvent se présenter. Si les réserves sont adéquates, la majeure partie des rétinyl esters est stockée dans les cellules stellaires et le reste dans les hépatocytes (24). En cas de besoin, c'est la partie stockée dans ces hépatocytes qui est d'abord mobilisée. Dans le cas où le statut en rétinol serait déjà marginal, ce sont principalement les hépatocytes qui stockent de façon à permettre une mobilisation rapide.

Après mobilisation à partir du foie, le rétinol est libéré, sous forme liée à sa protéine de transport, le Retinol Binding Protein (RBP) (25.) Le RBP est présent dans le sang à la concentration de 1,9 à 2,4 $\mu\text{mol/l}$ chez des sujets en bonne santé, alors qu'en absence de rétinol, il tend à s'accumuler dans le foie ((26). Le complexe rétinol-RBP circule dans le sang, lié à la transtyréthrine (TTR) (10, 27), sous forme d'un complexe rétinol-RBP-TTR. C'est sous cette forme que le rétinol est transporté vers les cellules cibles. Ce complexe constitue une forme de protection du rétinol contre l'élimination rénale (25). Dans le sang, le ratio entre TTR et RBP est de 2:1. Au niveau des cellules cibles, le rétinol est pris en charge par une autre protéine de transport, le Cellular Retinol Binding Protein (CRBP), puis est oxydé en rétinol (10). Une partie du rétinol

est ensuite oxydée en acide rétinoïque, qui se lie à sa protéine transporteuse le CRABP. Il semblerait que cette protéine joue un rôle dans l'interaction de l'acide rétinoïque avec son récepteur nucléaire le RAR (Rétinoïc Acid Receptor) (10)

1.2.3. Vitamine A, différenciation cellulaire et immunité

De nombreuses fonctions sont reconnues à la VA. On connaît depuis longtemps son implication dans la vision, mais elle intervient aussi dans la croissance osseuse, l'hématopoïèse, la fertilité, la différenciation cellulaire et la réponse immunitaire (10). La VA jouerait un rôle clé dans la différenciation cellulaire. On a constaté que chez les sujets déficients en VA, les cellules mucigènes des épithéliums disparaissent et font place à une kératinisation progressive des couches cellulaires (10). Ces phénomènes ont lieu dans tous les tissus de l'organisme et expliquent, au niveau oculaire, la sécheresse conjonctivale consécutive au stade de cécité nocturne (28). Il semblerait que ce soit l'acide rétinoïque qui intervient dans ce rôle de différenciation cellulaire, selon un mécanisme comparable à celui des hormones ce qui suppose l'existence d'une enzyme régulatrice, mais non encore connue (29).

Comme certains tissus épithéliaux constituent de véritables barrières aux infections, l'état de carence en VA peut, en affectant leur intégrité, altérer leur fonction immunitaire non spécifique. La vitamine aurait également des fonctions au niveau de l'immunité spécifique. Elle peut développer son rôle immunitaire selon deux modalités, à savoir l'immunité cellulaire et l'immunité humorale (30). Selon le même auteur, deux hypothèses ont été avancées pour expliquer le rôle de la VA contre les infections: l'hypothèse selon laquelle la VA intervient à travers le rôle de barrière des épithéliums, et celle de la réponse immunologique. L'effet majeur de la première hypothèse serait une réduction de l'incidence des infections, alors que la deuxième aboutirait à une réduction de leur durée et de leur sévérité.

1.2.4. Inter actions nutritionnelles avec la VA

Un certain nombre d'associations entre la VA et certains nutriments ont été suspectées et décrites. Le rôle des protéines, du zinc et de l'iode dans le métabolisme de la VA a été plusieurs fois rapporté. En raison de la répercussion possible des carences en ces nutriments sur la bio-efficacité des caroténoïdes, nous les aborderons dans le chapitre consacré à ce sujet. Dans la présente section, nous nous proposons d'examiner essentiellement les inter actions entre le fer et la VA.

On sait que la carence en VA et celle en fer ont tendance à co-exister, comme les régimes pauvres en VA sont généralement également dépourvus de fer. En Indonésie, on a cherché à vérifier chez 155 femmes allaitantes et leurs nourrissons en bonne santé, l'existence simultanée de la carence en VA, zinc et fer (31). Les auteurs ont trouvé que 55% des nourrissons et 18% de mères avaient de faibles teneurs en rétinol sérique, que plus de 50% des femmes et des enfants étaient anémiées et que la carence en zinc touchait 17% des enfants et 25% des femmes. Une forte corrélation a été trouvée entre le statut en ces trois micro-nutriments des enfants. De même, il y avait une corrélation entre le statut en fer et en zinc chez les mères et la concentration en rétinol et β carotène du lait et du sérum des femmes. Cette étude montre non seulement la co-existence de ces trois problèmes nutritionnels, mais également les relations entre elles puisque la carence en VA chez les nourrissons est apparue comme un facteur de risque de carence en zinc (OR=2,9) et d'anémie (OR =2,5).

Du point de vue de leur action, le fer et la VA semblent interagir entre eux, comme le confirme une étude récente de supplémentation chez des jeunes adolescentes. Elles ont été assignées à quatre groupes d'étude, dans le cadre d'un essai randomisé en double aveugle et recevaient respectivement un placebo, ou 2,42 mg de VA sous forme de rétinyl palmitate, ou du fer et de l'acide folique (120 mg de sulfate ferreux et 3,5 mg d'acide folique) ou enfin la VA, le fer et l'acide folique (32). Ces

traitements ont été administrés chaque semaine pendant 12 semaines. Les auteurs ont constaté que la concentration en hémoglobine a davantage augmenté dans les groupes qui recevaient une combinaison de fer/ folate ou de VA/fer/folate que dans les groupes placebo ou VA uniquement. En outre, ils ont noté une baisse de 92% d'anémie, 90% de carence en fer et 70% de faible rétinol sérique dans le groupe VA/fer/folate, comparativement au groupe placebo.

De même, on a cherché à vérifier si la supplémentation en VA pendant la grossesse augmenterait les bienfaits de la supplémentation en fer/folate pour les nourrissons. Pour ce faire, des femmes enceintes de 5 villages indonésiens ont été réparties aléatoirement dans deux groupes, pour participer à un essai en double aveugle (33). L'essai a commencé à la 18^{ème} semaine et s'est poursuivi jusqu'à la fin de la grossesse. Pendant cette période, toutes les femmes recevaient chaque semaine 120 mg de sulfate ferreux et 500 mg d'acide folique. Un seul des deux groupes recevait en plus 4800 μ g de rétinol. Quatre mois après la naissance, la rétinolémie moyenne des enfants nés de mères ayant reçu le fer/folate et la VA était supérieure à celle des enfants dont les mères n'avaient reçu que du fer/folate. Cependant, les auteurs n'ont pas observé de différence entre les deux groupes sur la proportion des enfants ayant une faible rétinolémie. De même, le statut en fer était comparable dans les deux groupes.

L'association entre le fer et la VA a été également mise en évidence dans les états d'infection. Il est accepté que l'administration de fer en guise de traitement de l'anémie pouvait exacerber une infection concomitante, de nombreuses bactéries pathogènes nécessitant du fer. Dans un tel contexte, il a été montré qu'un apport de VA permettait de réduire ou d'annuler les effets négatifs de l'administration de fer (34).

D'après des essais réalisés chez une centaine d'hommes au Venezuela, il s'avère que l'administration de VA ou de β -carotène doublerait le taux d'absorption du fer contenu dans le riz et l'augmenterait respectivement de 0,8 et 1,4 fois dans le cas du

blé et du maïs (35). Les auteurs estiment que la VA agirait probablement en bloquant l'effet inhibiteur des phytates sur l'absorption du fer non héminique.

Le mécanisme des interrelations de la VA et de l'anémie est encore obscur. En effet, une supplémentation en VA permet d'accroître le fer sérique lorsque celui-ci est bas, mais il s'avère aussi, d'après des travaux réalisés sur des animaux, qu'une baisse de l'hémoglobine consécutive à un régime pauvre en fer est associée à une baisse du rétinol sérique, mais à un accroissement des esters de rétinol hépatique (36). Il semble donc y avoir, dans la carence en fer, une entrave à la mobilisation de la VA hépatique.

1.2.5. Bio-disponibilité et bio-efficacité des caroténoïdes provitaminiques A

La bio-disponibilité correspond à la portion de nutriment, qui après ingestion, devient disponible pour être normalement utilisée pour les fonctions physiologiques ou pour le stockage (37). La notion de bio-disponibilité comprend deux dimensions principales. La première est l'absorption qui conditionne la quantité de carotènes qui passent la barrière digestive, et la deuxième est la bioconversion de ces caroténoïdes absorbés en rétinol. Quant à la bio-efficacité, elle intègre en plus de la bio-disponibilité, le transport et l'impact du rétinol converti sur le statut et les autres fonctions biologiques (38). Pour lui, ces deux termes ne devraient pas être vus comme des synonymes car des carotènes alimentaires, tout en étant bio-disponibles parce qu'ils libèrent du rétinol, peuvent se révéler d'une faible efficacité en terme de leur effet biologique (38). Cependant, les deux termes sont souvent utilisés l'un pour l'autre. Les questions de bio-disponibilité ont acquis leur importance depuis que de Pee et West ont montré, en Indonésie, que des femmes consommant des provitamines A des feuilles vertes en quantité suffisante présentaient néanmoins de faibles teneurs en rétinol dans le sérum et le lait (5). Bien que la rétinolémie initiale et l'état d'infestation parasitaire de ces femmes aient été évoquées pour expliquer partiellement l'échec de cette supplémentation par les feuilles vertes, ce résultat a néanmoins mis en doute l'efficacité de ces caroténoïdes provitamines A.

1.2.5.1. Mécanismes de la bioconversion

La conversion des caroténoïdes en rétinol se fait selon deux mécanismes enzymatiques de clivage distincts. Il s'agit du clivage central et du clivage excentrique. Ces deux mécanismes, déjà décrits depuis les années 1960, avaient fait l'objet de nombreuses controverses suscitées par la non caractérisation de leurs enzymes.

Le clivage central a fait l'objet de nombreux travaux depuis bien longtemps; en effet, déjà au milieu des années 1960, des résultats expérimentaux suggéraient que le β -carotène était clivé par une enzyme (39) en deux molécules de rétinol qui sont ensuite réduites en rétinol (23) ou oxydées en acide rétinoïque (40, 41); cette enzyme de bioconversion a été appelée la 15-15'-dioxygénase. Cependant, elle n'avait été ni purifiée, ni caractérisée (42), en dehors de la carotène-11,12-dioxygénase NADPH-dépendante (43). Des travaux récemment publiés ont permis des progrès considérables des connaissances sur les mécanismes de la bioconversion, notamment la caractérisation et la connaissance de l'enzyme de clivage central; il s'agit de travaux réalisés par différents groupes, avec des résultats suffisamment concordants. La caractérisation et la connaissance des enzymes codant pour le clivage central des carotènes ont révélé une forte similarité de la séquence primaire de cette enzyme chez l'homme (44), la souris (45, 46), le poulet (47) et la drosophile (48). L'ARN messager se distribue dans les tissus où l'activité biochimique des produits de clivage (rétinal, rétinol et rétinyl esters) est généralement trouvée et mesurée. Cette distribution tissulaire de l'ARN messager de l'enzyme de clivage a été à l'occasion également mieux décrite et donne des indications nouvelles sur les activités probables et jusque là inconnues que pourraient avoir ces caroténoïdes pro vitaminiques A dans ces tissus; chez l'homme, il se retrouve au niveau de l'intestin grêle, des reins, du foie, du cerveau, de l'estomac, des testicules et des pigments épithéliaux de la rétine (44). Ces résultats sur la distribution de l'ARN messager vont dans le même sens que les travaux démontrant l'existence d'autres sites tissulaires de clivage, que sont le foie, le rein, et le poumon (49). Il semble d'ailleurs que cette activité de clivage in vivo soit

plus élevée dans le foie du hamster que dans ces cellules intestinales (50). Il semble cependant que ce clivage extra-intestinal ou périphérique du β -carotène est de mise surtout pour compenser un déficit local de vitamine A, comme en cas de carcinogenèse ou lorsque le transport du rétinol est perturbé (51).

Quant au clivage excentrique, il a été proposé depuis 1960 par Glover (47) comme mécanisme de conversion des caroténoïdes en rétinol. Bien que le mécanisme du clivage central fût la seule voie largement acceptée, des travaux réalisés *in vivo* et *in vitro* avaient donné la preuve que l'apo caroténal et l'acide rétinoïque étaient des produits majeurs du clivage excentrique du β - carotène (40, 49, 52), sans qu'on ne sache rien ni du mécanisme ni de l'enzyme qui catalyse la réaction. Une enzyme assez proche sur le plan de sa séquence primaire de l'enzyme de clivage central du β -carotène vient d'être identifiée chez la souris et chez l'homme (53). Il a été démontré que cette enzyme catalyse spécifiquement le clivage excentrique du β -carotène au niveau de la double chaîne 9' 10', et libère du β -apo-10'-caroténal et du β -ionone.

On estime qu'environ 60 à 70 % du carotène absorbé serait effectivement converti, principalement en esters rétinyl (54). Des études *in vivo* et *in vitro* utilisant des modèles animaux, au cours desquelles on bloquait l'un des deux mécanismes ont permis de constater que le clivage central est le plus usuel chez les mammifères (55). D'autres résultats récents sont venus confirmer la prépondérance du clivage central par rapport à celui excentrique, au moins avec les modèles animaux. Des auteurs ont administré par voie orale à des rats femelles et adultes 5,6 mmol de *Trans* β -carotène. Certains rats étaient carencés en VA, les autres pas. On a ensuite recherché dans le sérum et divers tissus de ces animaux, les produits de conversion du β -carotène. Dans le sérum, le foie, et les intestins, il n'a été trouvé que du rétinol, des esters de rétinol et de l'acide rétinoïque. Les produits d'oxydation du β carotène ont été trouvés dans l'estomac et dans les intestins, mais la quantité totale des β apo caroténoïdes (témoins du clivage excentrique) était inférieure à 5% des rétinoïdes (témoins du clivage central) (56).

Des facteurs non enzymatiques interviennent aussi dans la régulation de la bioconversion. Le statut vitaminique A est capable de ralentir ou d'accélérer la conversion, des réserves marginales améliorant la bioconversion (54, 57). Par ailleurs, l'activité de la β -carotène dioxygénase est favorisée par les apports alimentaires de protéines (58). Le zinc (59) et l'alpha tocophérol (60) auraient également un rôle favorable sur l'activité de cette enzyme de conversion.

Cette brusque et rapide acquisition de connaissances sur les mécanismes de clivage du β -carotène a été rendue possible grâce aux progrès enregistrés dans les méthodes et les outils d'études, et aura des conséquences en termes de nouvelles questions de recherche. On aimerait par exemple, connaître les liens qu'il peut avoir entre ces enzymes de conversion et la forte variabilité de la bio conversion des caroténoïdes végétaux chez l'homme.

1.2.5.2. Etudes de la bio-disponibilité

Pour aborder les méthodes d'étude de la bio-disponibilité, il apparaît nécessaire de rappeler certains aspects d'intérêt méthodologique. Par analogie à son utilisation plus ancienne dans le domaine pharmaceutique, ce terme désigne la proportion d'une drogue qui, une fois ingérée, est absorbée et devient disponible pour exercer son action attendue. Dans le cas des caroténoïdes, deux aspects devraient donc être considérés selon la nature du résultat final désiré. En effet, ce résultat final peut être l'activité vitaminique A, tout comme il peut être aussi les caroténoïdes eux-mêmes dans le sang, en raison de leur pouvoir anti-oxydant (61). Dans tous les cas, le problème posé consiste à savoir exactement quel est le résultat à mesurer. Dans le cas des études sur les caroténoïdes provitamines A, l'activité vitaminique A constitue logiquement le résultat à prendre en compte. Deux approches ont été proposées selon qu'on s'intéresse à la quantité de rétinol nouvellement formé et disponible dans l'organisme, ou comme c'est souvent le cas, au changement de statut en vitamine A. Dans la première éventualité, comme la vitamine A produite est absorbée exclusivement sous forme de rétinyl esters associés aux chylomicrons, et que le foie ne sécrète pas cette forme de rétinol, il est possible d'évaluer la production intestinale

de rétinol provenant des caroténoïdes alimentaires, en mesurant la réponse des rétinyl esters dans le sang total post-prandial. Cependant, comme il est difficile de détecter les très faibles niveaux de rétinyl esters dans le sang total post prandial, on a proposé l'utilisation du Post Prandial Chylomicron (PPC), qui présente l'avantage, en plus de quantifier les rétinyl esters avant qu'ils se mélangent au sang total, de mesurer aussi la quantité de caroténoïdes intacts.

D'autres méthodes ont été décrites pour mesurer la bio-disponibilité, notamment celle utilisant le marquage par des isotopes stables qui présente l'avantage de permettre de faire la différence entre le rétinol issu d'une conversion récente de carotènes et le rétinol endogène (61).

En ce qui concerne la deuxième éventualité, l'indicateur mesuré suite au repas de carotènes est relatif au statut en VA; De ce fait, la mesure de la bio-disponibilité correspond plutôt à une mesure de bio-efficacité, la différence entre les deux tenant au fait que l'administration de β -carotène, son absorption et la conversion en rétinol peut ou ne pas résulter en un changement du statut en VA (38). Cette mesure de bio-efficacité est influencée d'abord par la bio-disponibilité, mais aussi par d'autres facteurs, notamment ceux liés à l'hôte (statut en VA, accroissement des déperditions en cas de grossesse et d'infection, accroissement de l'élimination de la VA en cas d'allaitement et d'infection) (38). De ce fait, on préfère le terme bio-efficacité à celui de bio-disponibilité, l'efficacité étant vue sous l'angle du statut en vitamine A. dans ce contexte, le choix de la méthode d'évaluation du statut en vitamine A devient important. Les méthodes qui ont été utilisées dans ce cadre comprennent l'évolution du rétinol sérique après un traitement prolongé, la "réponse relative à la dose (RDR) et sa version modifiée (MRDR), le RBP sérique, le rétinol du lait maternel, la biopsie du foie et la mesure des réserves de l'organisme mesurées par dilution isotopique (38)

1.2.5.3. Les facteurs influençant ou déterminant la bio-disponibilité

Beaucoup de travaux ont été consacrés à la bio-disponibilité des caroténoïdes d'origine végétale. On pense que les produits végétaux et en particulier les légumes -

feuilles de couleur vert sombre ont une bio-efficacité mitigée en raison d'une faible bio-disponibilité de leurs carotènes. De ce fait, les études sur la bio-disponibilité des carotènes de végétaux vont de pair avec les études d'efficacité.

La source de carotènes s'est montrée avoir une influence. En effet, sur la base de travaux réalisés sur des enfants d'âge scolaire en Indonésie, les fruits de couleur orangée étaient plus efficaces que les feuilles vertes en termes d'amélioration du sérum rétinol (6). Bien avant ces travaux, de Pee avait observé, à partir d'une étude contrôlée chez des femmes allaitantes en Indonésie, un défaut d'amélioration des niveaux de rétinol sérique et du lait, alors qu'elles avaient des niveaux d'apports en β -carotène en principe suffisants, mais provenant des feuilles vertes (5). Comme l'effet des parasites n'avait pas été pris en compte dans cette étude, on a pensé que l'absence d'effet observée chez les femmes résultait d'une possible infestation parasitaire. Des travaux ultérieurs ont rapporté et montré le rôle défavorable des parasites dans la bio-disponibilité des provitamines A, en particulier, les trichures, les ankylostomes, les ascaris et les Giardia (62), et l'effet bénéfique des traitements anthelminthiques sur la bio-efficacité des provitamines A des feuilles vertes (63).

L'effet des matières grasses a été rapporté dans une étude randomisée, contrôlée et en double aveugle conduite au Ghana sur 519 enfants préscolaires, répartis en 5 groupes (63). Ces groupes ont été aléatoirement assignés à recevoir cinq rations qui différaient entre elles par la quantité de carotène et de matière grasse. Les cinq rations comportaient en commun du riz, de l'igname ou du gari, mais avaient des spécificités selon les groupes. Ainsi, le groupe 1 recevait en plus des aliments de base, un supplément de feuilles vertes apportant 400 μg EAR et 20 g de matières grasses. Le groupe 2 se distinguait du groupe 1 par le fait de n'avoir pas de matière grasse dans sa ration, le groupe 3 par le fait de n'avoir ni matière grasse, ni supplément (uniquement 10 μg EAR à partir des feuilles vertes). Le groupe 4 différait du groupe 1 par le fait que les feuilles vertes ont été remplacées par 400 μg EAR provenant de β carotène pure, et le groupe 5 par rajout d'un traitement anthelminthique. Les rations ont été distribuées une fois par jour, 7 jours par semaine pendant 3 mois, avec un contrôle

des facteurs tels que l'infestation parasitaire, l'état nutritionnel, l'hémoglobine et l'infection. L'auteur a trouvé que le rétinol sérique s'était accru de 23% dans le groupe 1 et de 44% dans le groupe 4 (témoin positif). En revanche, l'accroissement était nul dans le groupe 3 (témoin négatif) et le groupe 2. Les suppléments à base de feuilles vertes seules n'ont donc pas permis une amélioration de la rétinolémie.

En Chine, des résultats différents ont été obtenus chez des enfants. Pendant 10 semaines et 5 jours par semaine, 22 enfants recevaient des légumes vert jaunes (238 g) et des légumes peu colorés (34 g) tandis que 19 autres enfants consommaient 56 g de légumes vert jaunes et 224 g de légumes peu colorés. Suite à l'intervention, on a trouvé que les enfants qui consommaient les légumes vert jaunes ont connu un accroissement significatif du rétinol sérique alors qu'une baisse a même été observée chez les autres (de 1,05 à 1,16 $\mu\text{mol/l}$ chez les premiers et de 1,24 à 0,93 $\mu\text{mol/l}$ chez les seconds). De surcroît, la mesure des réserves de l'organisme par la méthode de dilution isotopique a révélé que les enfants recevant les légumes vert jaunes avaient maintenu leurs réserves alors qu'elles étaient abaissées de 27 μmol en moyenne pour les enfants nourris aux légumes peu colorés. (64). Ces données sont plutôt encourageantes pour les approches alimentaires, surtout dans les PED où la majeure partie de la vitamine A consommée provient des produits végétaux.

Les déterminants de la bio-disponibilité des caroténoïdes ont été bien décrits par de Pee et West (7). L'importance donnée à ce sujet est venue du fait que dans des régions où existent en abondance des produits végétaux riches en provitamine A, des problèmes de carence en vitamine A peuvent rester importants. Plusieurs auteurs ont rapporté des résultats d'analyse utilisant la chromatographie liquide à haute performance, qui démontrent clairement la richesse des feuilles vertes et des fruits en carotènes (65). Selon Sauberlich et al, l'équivalent rétinol molaire du β -carotène en petite quantité dans un milieu lipidique serait de 0,5 (66). Etant donné que le β -carotène n'est absorbé au niveau digestif qu'à 33%, l'OMS a calculé et adopté en 1967 une équivalence prévoyant pour 6 μg de *trans* β -carotène (ou 12 μg d'autres caroténoïdes provitamine A) 1 μg de *trans* rétinol (67).

Pour décrire les facteurs influençant la bio-disponibilité des provitamines A, l'acronyme SLAMENGI a été proposé (7), désignant respectivement "Species-molecular Linkages- Amount- Matrix- Effectors- Nutritional status- Genetic factors- Host factors- Interaction". Ces facteurs sont : le type de caroténoïdes, les liaisons moléculaires, la quantité de caroténoïdes, la matrice, les facteurs limitant l'absorption, l'état nutritionnel de l'hôte, les facteurs génétiques, les facteurs tenant à l'hôte et enfin les interactions.

Ils peuvent être regroupés en deux catégories :

1) les facteurs alimentaires

Le type de caroténoïdes est un facteur important à considérer dans l'appréciation de leur bio-disponibilité. Le β -carotène a une activité vitaminique A bien supérieure à celle des autres caroténoïdes. Se basant sur les poids moléculaires, la FAO retient comme dans le passé, un facteur de conversion du β -carotène en rétinol de 1:6 alors que celui des autres caroténoïdes est de 1:12 (16). La forme isomérique de la molécule influence aussi la bio-disponibilité (11). La forme la plus répandue dans la nature est le *all-trans*, mais il existe aussi un isomère *cis* dont la polarité et la solubilité dans les huiles et solvants organiques est meilleure. Cette forme *cis* augmente lors des traitements de transformation des aliments, et le chauffage en particulier (68). Or plusieurs auteurs ont rapporté que lorsqu'on faisait ingérer des doses équivalentes d'un mélange des deux isomères, la proportion de la forme *Cis* retrouvée dans le sérum était moins du 1/6 de celle du mélange (69). De même, après une dose unique de ces composés, l'accroissement de *all trans*- β -carotène dans le sérum ou dans les chylomicrons était beaucoup plus élevé que celui de l'isomère 9-*cis*(70), ce qui a amené les auteurs à penser que la forme *trans* était mieux absorbée ou mieux transportée que les formes *cis* (68). L'utilisation des méthodes isotopiques a permis de démontrer qu'en réalité, la forme *cis* était isomérisée après absorption. En effet, suite à une dose unique du mélange des deux isomères marqués, plus de 95 % du *trans* β -carotène marqué plasmatique et du rétinol marqué provenaient du 9-*cis* β -carotène marqué, ce qui montre qu'une proportion significative de cette dernière se serait isomérisée en forme *trans* avant d'arriver dans le courant sanguin. D'autres

résultats ont été obtenus en utilisant les deux formes isomériques du lycopène du jus de tomate, pour lesquels la forme *cis* a montré la meilleure absorption (71, 72), ce que certains rattachent à sa meilleure solubilité (68). Dans le même sens, Levin et al ont trouvé *in vitro* que lorsque le mélange des deux formes contenait 86 % de forme *cis* plutôt que 5%, de plus fortes quantités de β -carotène étaient incorporées dans les micelles (73) et l'absorption était donc meilleure.

Les liaisons ester, et notamment les esters de caroténoïdes sont très souvent rencontrés dans les fruits et les légumes et il semble que ces liaisons pourraient améliorer la bio-disponibilité des caroténoïdes. Cependant, comme ce clivage se produit dans la lumière intestinale, on considère que ce facteur ne devrait pas jouer de rôle dans la bioconversion (68) dans l'organisme.

La quantité de caroténoïdes consommés: La concentration du β -carotène sérique retrouvée dans le sang serait fonction de la quantité initialement présente dans le repas. Beaucoup de travaux ont été consacrés à la réponse plasmatique à une supplémentation en β -carotène. Il ressort que plus la quantité de caroténoïdes est élevée au cours du repas, moins bon est le taux d'absorption (68). Le fractionnement d'une quantité donnée de carotène en plusieurs prises permettrait de multiplier la concentration plasmatique (74, 75). Ces auteurs ont trouvé que le fait d'administrer du β -carotène en trois prises journalières permettait de multiplier par trois, la concentration sérique de β -carotène, comparativement à une prise unique.

La matrice alimentaire dans laquelle se trouvent les caroténoïdes consommés a une forte influence sur leur bio-disponibilité. Le β -carotène serait de loin mieux absorbé lorsqu'il est en suspension dans l'huile que dans les aliments. On calcule la bio-disponibilité relative par comparaison entre les valeurs du carotène sérique consécutif à l'ingestion de β -carotène par véhicule alimentaire, avec une prise de β -carotène pur dans l'huile (68). Les matrices végétales seraient les moins favorables à la bio-disponibilité des caroténoïdes. Une étude menée en Indonésie a révélé que la bio-

disponibilité des carotènes des fruits étaient quatre fois plus élevée que celle des légumes feuilles (6). La faible bio-disponibilité des caroténoïdes des légumes feuilles vert foncée serait liée au fait qu'ils sont pris dans les structures de la matrice végétale et complexés à des protéines dans les chloroplastes. Cette inaccessibilité ne serait pas uniquement de nature physique, mais pourrait aussi résulter de l'encombrement occasionné par d'autres molécules (68). La situation serait différente dans les fruits de couleur orangée comme la papaye, la mangue, la citrouille et la patate douce ; dans ces produits, les caroténoïdes ne sont pas impliqués dans la photosynthèse et se retrouvent plutôt dans les chromoplastes; ils seraient de ce fait facilement extraits pendant la digestion. La cuisson et la transformation industrielle des aliments végétaux, de même que le simple hachage ou broyage au niveau des ménages (76-79) semblent améliorer la bio-disponibilité des carotènes, car ces transformations provoquent la rupture des complexes protéines-caroténoïdes et des parois des cellules végétales (72). Cependant, une cuisson poussée pourrait en même temps entraîner une dégradation partielle des caroténoïdes (79).

Les interactions avec les constituants alimentaires pourraient jouer un rôle dans l'absorption et la conversion des caroténoïdes alimentaires. En effet, leur absorption est similaire à celle des autres lipides, et de ce fait, les constituants alimentaires qui affectent l'absorption des lipides influenceront également sur celles des caroténoïdes (68). En raison de l'effet stabilisateur des émulsions de lipides par les protéines, leur présence dans l'intestin pourrait favoriser la formation des micelles et de ce fait, l'absorption des carotènes. De surcroît, un statut adéquat en protéines permettrait non seulement la synthèse des enzymes impliquées dans le clivage du β -carotène, mais également celle des protéines de transport. L'effet des matières grasses alimentaires sur l'absorption des carotènes a également été rapporté. Une absorption optimale de caroténoïdes nécessiterait 5 g de matières grasses par jour (80), et inversement, de faibles apports en gras en réduiraient considérablement l'absorption et la bioconversion (75). La quantité optimale serait de 5 g pour l' α -carotène et le β -carotène (81). Il semble, d'après certaines études, que le niveau de saturation et la longueur de la chaîne aient une importance (82). En effet, les régimes riches en acides

gras poly insaturés favoriseraient davantage la réponse sérique que ceux riches en acides gras mono insaturés.

Les fibres alimentaires sont en interaction avec les acides biliaires, et elles entraînent une plus forte excrétion fécale de ces acides, ainsi qu'une réduction de l'absorption des substances liposolubles. La consommation d'alcool interférerait avec la conversion du β -carotène en vitamine A. On a trouvé que la formation de rétinol est réduite de 55 % lorsque l'éthanol est utilisé comme solvant dans les préparations intestinales de rat (54).

2) Les facteurs liés à l'hôte

L'état nutritionnel semble avoir une influence sur la bio-disponibilité des caroténoïdes. En effet, des études menées chez des poulets supplémentés en VA ont montré une moindre conversion du β -carotène, comparativement aux poulets non supplémentés, ce qui suggère l'existence d'un lien entre la conversion en rétinol et le statut de l'hôte en vitamine A (83).

Par ailleurs, la consommation d'aliments riches en β -carotène entraînerait un accroissement du rétinol sérique uniquement chez les sujets carencés, et inversement, aucun accroissement significatif du rétinol sérique ne s'observe pas chez des individus à statut vitaminique A satisfaisant, comme l'indiquent les études présentées ci dessous. Il s'avère donc que le statut en VA semble influencer la bio-efficacité des carotènes, sans qu'on ne puisse situer le point d'action au niveau de l'absorption ou de la conversion. On peut cependant douter d'une influence du statut en vitamine A sur l'absorption des caroténoïdes puisque cette absorption se fait selon un mécanisme passif. En revanche, la nature enzymatique du processus de bioconversion permet qu'elle soit influencée. Des travaux ont montré chez des enfants déficients en vitamine A, un accroissement de la conversion du β -carotène (84). Des résultats similaires ont été rapportés pour les animaux de laboratoire (85). On peut donc légitimement penser que les sujets dont le besoin en vitamine A est accru sont plus capables de convertir le β -carotène. Deux raisons peuvent être évoquées pour expliquer la faible conversion chez les sujets non carencés: une inhibition de la bioconversion de β -carotène en rétinol, ou un défaut de précurseurs. Pour attester

cette hypothèse, on ne dispose malheureusement pas d'études réalisées chez des sujets humains et montrant l'effet du statut vitaminique A sur l'activité de la dioxygénase. Par contre, il a été démontré chez des rats que des régimes pauvres en vitamine A accroissaient l'activité de la dioxygénase (57, 86), alors qu'elle est réduite (58) dans les cas d'apport insuffisant en protéines, lequel est associé à une faible teneur de rétinol, la synthèse de RBP étant diminuée à cette occasion.

Le statut en iode serait aussi impliqué dans la conversion du β -carotène : une baisse du rétinol sérique et une élévation du β -carotène proportionnelle à la taille du goitre ont été observées chez 55 femmes de 20 ans en Iran (87).

Le statut en zinc du sujet constitue aussi un facteur qui joue sur la bio-efficacité du β -carotène. En effet, la rétinol réductase, enzyme intervenant dans la conversion du rétinol en rétinol contient du zinc, de sorte qu'une déficience en zinc serait susceptible d'affecter le statut en rétinol (83). Ce rôle du zinc concerne bien la bio-efficacité car il n'affecte pas la conversion du β -carotène, mais se situe au-delà, en influençant l'efficacité du rétinol dans ses fonctions biologiques. Différentes études tendent à confirmer l'association de ces deux nutriments dans l'activité vitaminique A. Au Népal, un essai randomisé contrôlé et en double aveugle a démontré que la supplémentation en zinc potentialisait l'effet de la vitamine A dans la restauration de la vision nocturne (88). Ces auteurs ont mis en place 6 groupes de femmes enceintes : β -carotène plus zinc; rétinol plus zinc; β -carotène plus placebo; rétinol plus placebo; deux placebos (un pour le zinc et un pour le rétinol). La vitamine A a été administrée sous forme de 7000 μg EAR de rétinyl palmitate et le β -carotène sous la forme de 42 mg *all trans* β -carotène (équivalent selon les anciens facteurs de conversion à 7000 μg EAR). Le zinc était administré à raison de 25 mg de zinc élément par jour pendant 3 semaines. Il a été trouvé que chez les femmes qui avaient un statut initial faible en zinc ($<9,9 \mu\text{mol/l}$), le taux de guérison de la cécité nocturne était 4 fois plus élevé dans le groupe recevant le zinc plus vitamine A que dans ceux recevant le placebo.

L'avantage d'une association VA et zinc a été aussi démontré sur les indicateurs biochimiques, notamment le rétinol sérique et le RBP. Les auteurs ont assigné 653 enfants de 12 à 35 mois à recevoir i) 20 mg de zinc, ii) 200 000UI de VA, iii) l'association de VA et zinc, et iv) un placebo. La teneur moyenne en rétinol n'a pas montré de différence significative entre les 4 groupes d'enfants, mais la proportion d'enfants qui demeuraient à faible teneur était significativement inférieure dans le groupe qui recevait du rétinol en association avec le zinc (13%) contre 37,5% dans le groupe VA, 40,6% dans le groupe Zinc et 47,0% dans le groupe placebo (89).

Dans une étude réalisée selon un protocole similaire au précédent, l'association zinc et VA s'est montrée avantageuse également sur la prévalence et l'incidence de la diarrhée et de la dysenterie chez les enfants en bas âge (90), alors que le zinc était associé à des effets adverses sur la prévalence et l'incidence des affections des voies respiratoires basses.

Il existe également des interrelations de la VA et du fer, mais le mécanisme n'est pas clair. Cependant, on pense que la carence en fer pourrait entraver la mobilisation du rétinol hépatique (36)

D'autres facteurs liés à l'hôte ont été évoqués. On estime par exemple que la conversion serait meilleure chez les sujets de sexe féminin que chez ceux masculin. Par ailleurs, il existe une grande variabilité de la conversion chez l'homme, variabilité qui a été également observée chez les animaux (54) et que l'on pourrait rattacher à des facteurs génétiques. Nous reviendrons sur ces aspects de variabilité de la bio-efficacité des carotènes dans la section suivante.

1.2.5.4. Les progrès réalisés dans la détermination des facteurs de conversion du β -carotène en rétinol

La conversion des carotènes en rétinol représente un facteur clé du statut en VA dans de nombreuses populations, particulièrement celles des pays en développement, chez lesquelles la consommation de produits animaux est non seulement faible, mais très irrégulière. Dès lors, le mécanisme de conversion des carotènes en rétinol a toujours

été un sujet de préoccupation majeure, mais également un problème difficile qui a été marqué ces dernières années par une évolution rapide.

Sur un plan historique, on se rappelle que dans une première phase, le premier facteur de conversion du β -carotène en rétinol a été calculé sur la base du taux d'absorption du β -carotène alimentaire et du ratio molaire qu'il a, comparativement au rétinol. Les données de recherche avaient établi, suite à des travaux effectués sur un nombre limité de prisonniers, que sur une quantité donnée de β -carotène pure ingérée, seulement un tiers était absorbé (33%) (91). Comme le ratio molaire entre cette molécule et celle de rétinol est de 1:2, le facteur de conversion pouvait être simplement calculé en multipliant ces deux éléments ($0,33 \times 0,5 = 0,165$ soit $1/6$). Ce facteur a été adopté et recommandé par les organisations internationales (67), même si elles reconnaissent qu'il s'agit d'une équivalence opérationnelle à appliquer pour des régimes composites et que de nombreux facteurs peuvent influencer l'efficacité de l'utilisation du carotène (16). En effet, l'utilisation du ratio molaire dans le calcul de la conversion suppose que cette conversion ne soit pas influencée par des facteurs externes et qu'elle soit efficace à 100%. Parmi les facteurs d'influence, la quantité de β -carotène de la ration a fait l'objet d'une révision par un comité conjoint d'experts FAO/OMS. Ce comité a retenu que lorsque le repas apporte $1000 \mu\text{g EAR}$, le facteur de conversion est de $4 \mu\text{g EAR}$ de β -carotène pour $1 \mu\text{g EAR}$ de rétinol alors qu'il faudrait $6 \mu\text{g EAR}$ ou $10 \mu\text{g EAR}$ de B-carotène pour $1 \mu\text{g EAR}$ de rétinol si le repas apportait respectivement entre de 1000 à $4000 \mu\text{g EAR}$, et plus de $4000 \mu\text{g EAR}$ (16).

Une seconde étape peut être décrite, celle qui correspondrait à la remise en cause des facteurs de conversion conventionnels. Ces derniers avaient été calculés en supposant une efficacité à 100% de la conversion des carotènes, or l'on s'est rendu compte que de nombreux facteurs affectaient ce mécanisme. Nous avons déjà évoqué dans le paragraphe précédent l'effet de la quantité de carotènes ingérés, mais il y a également l'influence du statut initial de l'hôte. En effet, sur des modèles animaux, il a été trouvé que le clivage intestinal du β -carotène était plus élevé sur des rats déficients en

vitamine A que sur des rats recevant des apports élevés de vitamine A ou de β -carotène (85). Des résultats similaires ont été rapportés chez les humains (84).

La remise en cause des anciens facteurs a été faite dans un contexte particulier marqué par la publication de résultats étonnants obtenus chez des femmes allaitantes en Indonésie. En effet, des chercheurs qui tentaient de vérifier l'effet de la consommation de β -carotènes sous forme d'un complément de légumes feuilles vertes, comparativement à des quantités équivalentes de β -carotène incorporé dans des biscuits, n'ont trouvé aucune amélioration du statut VA dans le premier groupe. Les auteurs conclurent alors à une absence d'efficacité des carotènes des légumes feuilles vertes (5). Bien que l'état parasitaire de ces femmes aient pu expliquer cette inefficacité, la valeur des carotènes végétaux a été remise en cause par les chercheurs et le doute sur leur efficacité a été établi. C'est dans un tel contexte qu'à la suite d'autres travaux, toujours en Indonésie, des facteurs de conversion trouvés par les auteurs ont introduit de sérieuses interrogations sur l'efficacité réelle des carotènes végétaux (6). Il s'agissait d'un essai contrôlé dans lequel 4 groupes randomisés d'enfants ont reçu respectivement des aliments riches en rétinol préformé, des feuilles vertes, des carottes et fruits, et un régime faible en rétinol et en carotènes. Les facteurs de conversion ont été calculés selon le même principe que celui utilisé pour obtenir les facteurs de conversion conventionnels, par comparaison de l'accroissement du rétinol sérique suite à la consommation d'une quantité donnée de carotènes. Ainsi, il faudrait 26 μg (IC à 95% : 13 μg – 76 μg) ou 12 μg (IC à 95% : 6 μg – 29 μg) de β -carotène provenant respectivement des feuilles vertes et des carottes ou des fruits pour 1 μg de rétinol. Malgré ces intervalles de confiance assez élevés et le non contrôle de nombreux facteurs d'influence potentiels, ces résultats ont constitué une étape vers une meilleure connaissance de l'étude vitaminique des caroténoïdes végétaux. L'utilisation des techniques faisant appel aux isotopes stables auraient certainement permis d'obtenir des résultats plus intéressants. Sur la base de ces résultats, il a été calculé que, pour un plat mixte dans lequel les fruits représenteraient une part contre quatre parts de légumes feuilles vertes, le facteur de conversion correspondant serait de 21:1 (92)

Dans une troisième étape, on a assisté à l'adoption officielle des facteurs nord américains et leur co-existence avec les anciens facteurs conventionnels, qui avaient été recommandés par les organismes spécialisés des Nations Unies, l'OMS et la FAO notamment. En effet, la publication en janvier 2001, par l'Institute of Medicine (IOM) des USA, de nouvelles recommandations. Pour ce qui concerne la vitamine A, il a été fixé à 12 μg de β -carotène, la quantité équivalente à l'activité d'un μg de rétinol (93). Comme par le passé, le facteur de conversion de l' α -carotène et des autres caroténoïdes provitamine A représente la moitié de celui du β -carotène (93). Sur la base d'une revue complète des publications sur la question, la Commission chargée des nouvelles recommandations s'était interrogée sur la validité des fondements du facteur conventionnel de 6:1. Alors que le taux d'absorption du β -carotène était initialement fixée à 33%, chiffre qui avait été obtenu sur un nombre limité de sujets, les membres de la commission ont retenu une étude menée sur des sujets à statut sanitaire et nutritionnel adéquat, et qui montre que ce taux d'absorption n'était que de 14% (soit 1/7) (94). Comme le régime utilisé lors de cet essai a été jugé pauvre en fruits comparativement à celui de la population nord américaine, ce taux a été ajusté à la hausse à 1/6 soit 16,6% (95). Quant à l'efficacité de la conversion du β -carotène absorbé, l'IOM a considéré que 2 μg de β -carotène étaient efficacement convertis en 1 μg de rétinol, sur la base de publications antérieures (66, 96). Plus récemment, Tang et al (2000) a proposé la valeur de 2,6 μg (97), mais ce résultat n'a pas été pris en compte par l'IOM malgré la méthode isotopique utilisée, car son étude avait porté sur une seule femme alors que les deux études précédentes avaient obtenu leurs résultats sur 20 hommes et trois femmes (96) et sur 8 hommes (66). Sur ces bases, le facteur de conversion du β -carotène de 12 μg EAR pour 1 μg EAR de rétinol été fixé, et officialisé en remplacement des facteurs conventionnels. Cette étape est importante car elle marque une prise de position officielle sur un sujet scientifique d'actualité, qui remet en cause une convention établie et recommandée par les organisations internationales.

Une question qui se pose naturellement est de savoir quels facteurs devraient être désormais utilisés dans le contexte des pays en développement. La réponse à cette question va représenter la quatrième étape de cette évolution des facteurs de

conversion, en raison de la diversité des conditions de vie que l'on retrouve dans ces pays. Cependant, une autre question importante est celle de la forte variabilité inter individuelle de la bioconversion pour des sujets soumis aux mêmes conditions; les résultats déjà obtenus suggèrent l'existence d'individus dits « répondeurs » et d'autres qui sont « non-répondeurs » ou « répondeurs lents » (97, 98). Dans tous les cas, en ce qui concerne le taux d'absorption, les régimes alimentaires plutôt pauvres en fruits ne justifient pas l'application de l'ajustement à la hausse réalisé par l'IOM pour le contexte américain. Ce taux devrait, selon nous, être maintenu à la valeur de 14% (1 :7). Quant à l'efficacité de la conversion, les récents résultats obtenus chez des écoliers indonésiens en utilisant du β -carotène et du rétinol marqués par des isotopes, indiquent que la conversion est moins bonne que celle considérée auparavant. En effet, selon ces résultats, jugés plus fiables que les précédents en raison du plus grand effectif de sujets (35 sujets) et de la meilleure précision des méthodes isotopiques, il faudrait 2,4 μ g (IC à 95% : 2,1 – 2,7) de β -carotène pour obtenir 1 μ g de rétinol (99). Sur cette base, le facteur de conversion pour l'Amérique du Nord aurait dû être de 1:14,4, ce qui a été probablement arrondi par West dans sa proposition à 1:15 (100). Sur ces bases, le facteur de conversion utilisé pour les pays en développement devrait être le produit de 1:7 (valeur non ajustée du taux d'absorption) et de 1:2,4 (valeur du facteur de conversion obtenue par méthode isotopique), soit environ 1:17. Cependant, ces résultats ont besoin d'être confirmés et la méthode adaptée aux tests utilisant des carotènes alimentaires.

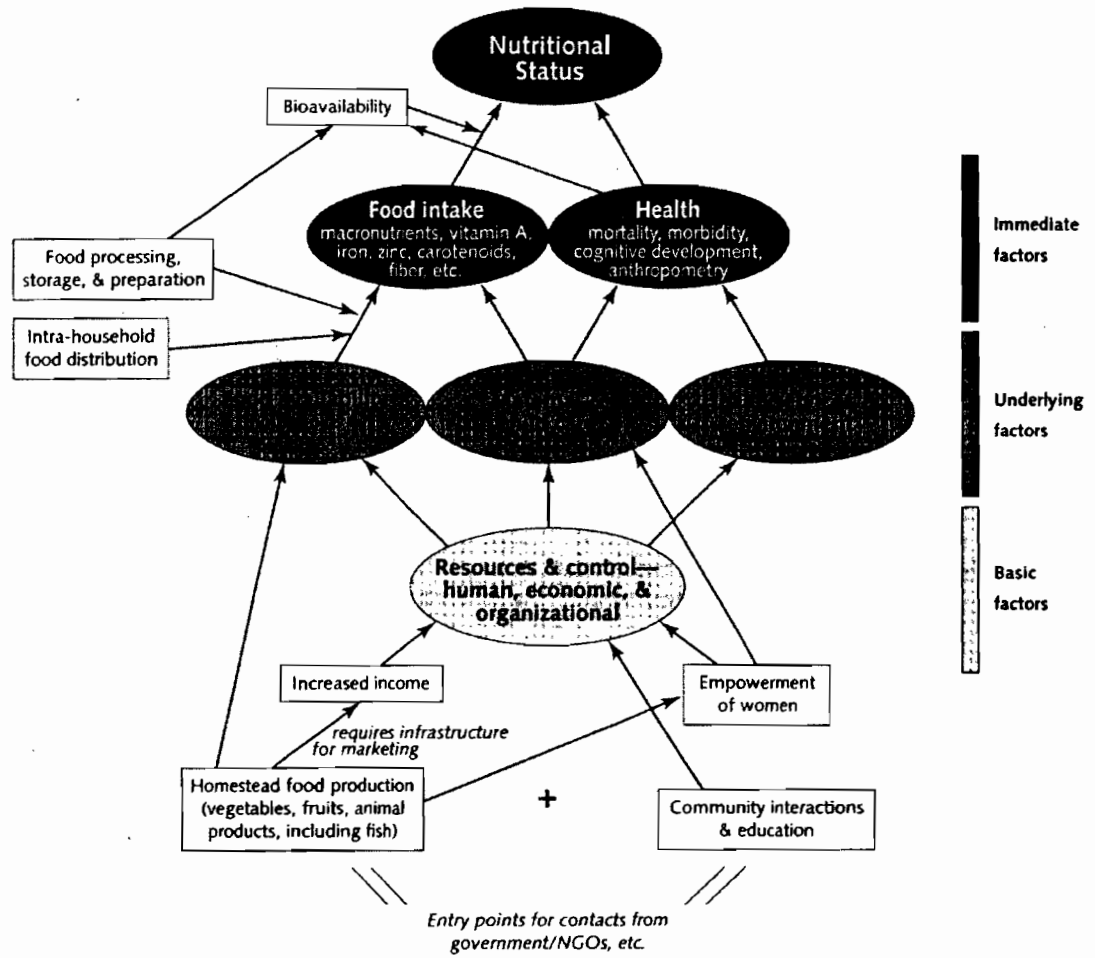
1.3. DONNEES EPIDEMIOLOGIQUES SUR LA CARENCE EN VITAMINE A: LES DETERMINANTS

Cette section consacrée aux données épidémiologiques sur la carence en vitamine A s'intéresse davantage aux déterminants qu'aux prévalences, à l'étendue et à la répartition, car ces aspects intéressent notre étude sont indiqués dans l'introduction.

1.3.1. Modèle causal de la carence en VA

Le cadre conceptuel des facteurs causaux de la malnutrition de l'UNICEF s'adapte bien au cas de la carence en vitamine A. Ainsi, les trois niveaux de facteurs (immédiats, sous-jacents et fondamentaux) ont été adaptés par Bloem dans le schéma qu'il a proposé comme cadre conceptuel de la carence en vitamine A (101). La figure 1 représente une reproduction du cadre conceptuel de Bloem (1998).

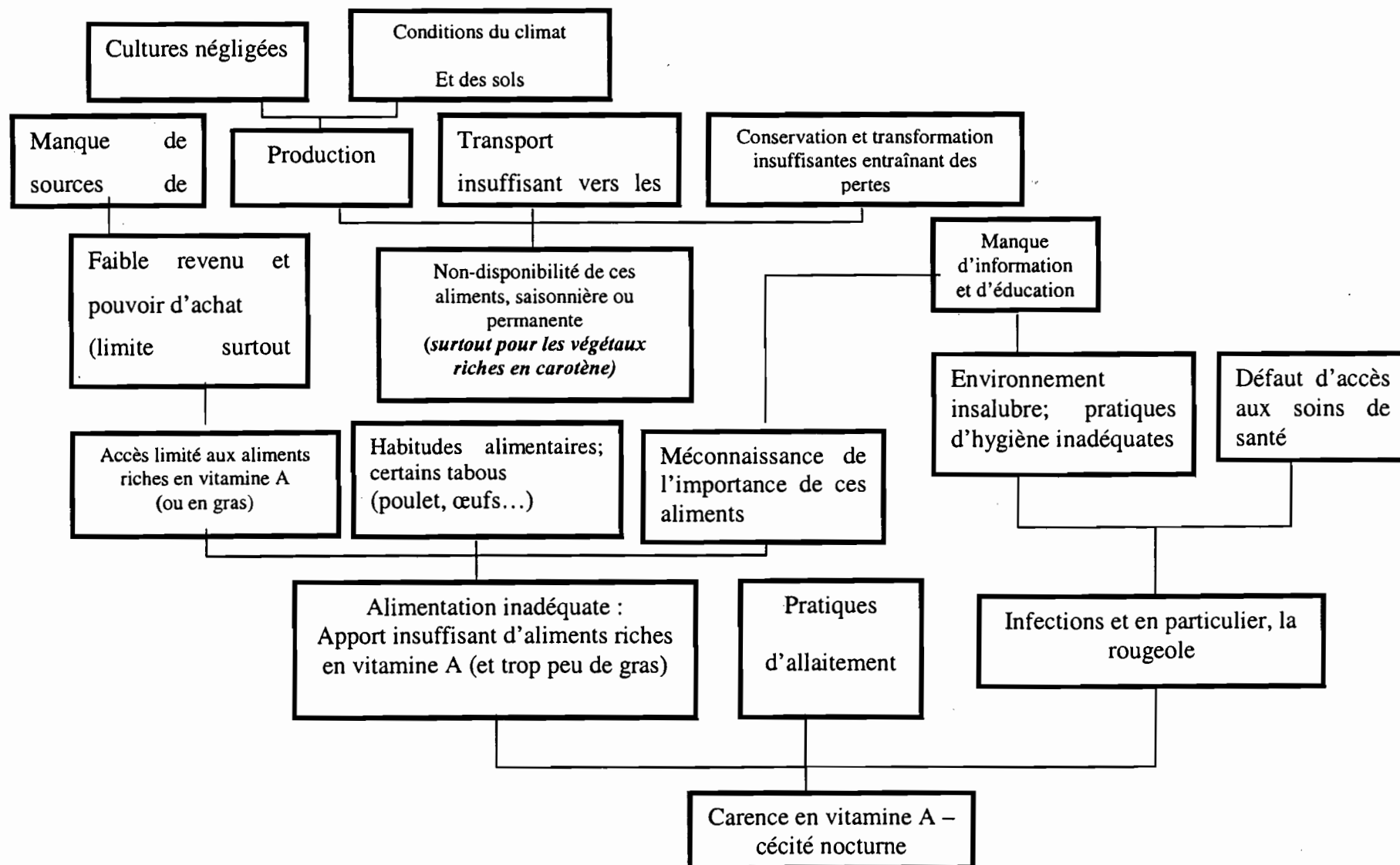
Figure 1: Reproduction du cadre conceptuel de Bloem (1998)



On notera qu'au niveau des facteurs immédiats, l'apport alimentaire de vitamine A, mais aussi celui d'autres nutriments tels que le fer et le zinc ont été pris en compte. Il en est de même en ce qui concerne le rôle des infections et des parasites, ce qui est particulièrement important dans les PED. Mais il est évident que les facteurs épidémiologiques seront variables selon le contexte. Un élément qui n'est pas apparent dans le modèle de l'UNICEF et qui revêt une grande importance ici est la bio-disponibilité des nutriments et donc ici des provitamines A végétales, qui est influencée par l'état sanitaire et les opérations de transformation, stockage et préparation culinaire, et qui à son tour conditionne l'efficacité des apports alimentaires de VA. Le rôle de la femme, du revenu, des productions alimentaires au niveau familial et des interactions au niveau de la communauté ont bien été soulignés (6), tout comme l'ont fait les groupements de femmes de la région de Kaya au Burkina Faso, avec qui un exercice de construction de modèle causal a été réalisé dans le cadre du projet Huile de palme rouge¹. Ce modèle est présenté à la figure 2.

¹ Delisle et al, 2001, données non publiées

Figure 2: La carence en VA à Kaya: l'arbre des causes (Source: Delisle, 2001, non publiée)



Ce modèle causal très détaillé et proche du terrain place les pratiques inadéquates de l'allaitement maternel comme cause immédiate de la carence chez les nourrissons, au même titre que l'alimentation inadéquate et les infections. Un de ses intérêts est de pouvoir identifier les facteurs causaux spécifiques d'une communauté donnée. Dans le cas de Kaya, l'ignorance, les habitudes alimentaires et le faible revenu sont avancés pour expliquer une grande part des apports inadéquats, de même que les croyances socioculturelles pour expliquer les mauvaises pratiques d'allaitement maternel, pourtant quasi universel.

1.3.2. Les apports alimentaires en VA et l'allaitement maternel

L'alimentation est reconnue comme le principal déterminant direct de la carence en vitamine A. Un régime alimentaire contenant des aliments diversifiés et variés présente généralement peu de risque d'apport nutritionnel inadéquat, incluant l'apport en vitamine A. A 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.

Au Niger, l'association entre la consommation d'aliments d'origine animale riches en vitamine préformée, comme le foie, les œufs et le lait entier, et le statut en VA a été observée chez des enfants d'âge préscolaires (102). Une telle association avait aussi été rapportée dans une étude en Indonésie où les enfants qui ne consommaient pas d'œufs 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 (103). Or, les femmes et les enfants des PED sont souvent frappés d'interdits alimentaires portant entre autres sur les œufs et le foie, ce qui les expose encore davantage à la carence en vitamine A (104).

Les sources végétales de provitamine A constituent la principale source de vitamine A pour beaucoup de populations des PED. L'association entre ces sources végétales et le statut vitaminique A a été montré à plusieurs reprises. Ainsi, de nombreux exemples d'interventions montrent le rôle des caroténoïdes végétaux sur le rétinol

sérique, que ce soit à partir de feuilles vertes (6, 8) de fruits (6, 105) ou d'huile de palme rouge (106-111). En Chine, la consommation de feuilles et de légumes orangés s'est révélée efficace pour améliorer les teneurs sériques de rétinol chez des enfants, mais aussi pour maintenir le rétinol sérique à un niveau convenable (64).

Le lien entre ces sources alimentaires tant animales que végétales et le statut en VA tient il est vrai, à leur teneur en VA, la taille moyenne de la portion habituellement consommée et la bio-efficacité des carotènes, mais la régularité de la consommation est également importante quoique non déterminante (112). D'autres facteurs interviennent également. Ces facteurs comprennent le stade de récolte, la conservation, le transport et les modes de préparation des aliments avant leur consommation.

La saison peut être un facteur d'influence dans les régions à saison contrastée, la régularité de la consommation des fruits et les légumes verts pouvant alors être affectés.

Enfin, la taille de la famille, la distribution intra familiale des repas et les groupes de repas ont été également cités comme déterminants de la carence en vitamine A (112). Concernant les groupes de repas, il semble que le fait de manger en groupe augmente les quantités consommées pour les enfants lorsqu'ils partagent le plat avec leurs mères, plutôt qu'avec des hommes adultes. Lors d'une étude cas témoin (étude rétrospective) conduite en Inde, et incluant 81 ménages sans enfant xérophtalmique et 81 autres ayant un enfant xérophtalmique, il est ressorti que les épisodes de repas commun tendaient à être moins fréquents chez les enfants xérophtalmiques, comparativement à ceux non xérophtalmiques. Mais, ces enfants avaient en même temps des repas moins riches en viande et en poissons ($OR=0,5$; $IC= 0,3-0,8$), et également en produits laitiers ($0,6$; $IC= 0,4-0,9$), alors que les enfants xérophtalmiques, qui mangeaient plus souvent isolément, consommaient davantage de légumes (113). Par ailleurs, les enfants xérophtalmiques semblaient partager davantage leurs repas avec des hommes adultes qu'avec des femmes.

On ne saurait passer sous silence l'association entre la consommation de lait maternel et le statut VA des nourrissons. En, effet, il constitue la meilleure source de nutriments en général, et de vitamine A en particulier, pour le nourrisson. Il a un effet protecteur contre la carence en vitamine A de l'enfant parce qu'il assure un apport régulier de rétinol préformé. Même si l'apport journalier en vitamine A provenant du lait maternel ne dépasse pas 120 μg (114) in(16), ce niveau d'apport est néanmoins souvent supérieur à l'apport total des enfants déjà sevrés, comme le confirment des observations dans diverses régions, notamment en Ethiopie (115) et en Inde (116). En Indonésie, on a rapporté une absence de protection d'enfants allaités contre la carence en VA (117), mais il s'agissait d'enfants pour qui la durée d'allaitement était faible. Dans le même sens, il a été montré que des nourrissons pouvaient présenter, même à un très jeune âge, une déficience en vitamine A parce que leurs mères sont carencées et ont un lait dont la teneur en rétinol est faible, ou parce que les enfants allaités consomment en même temps beaucoup d'aliments solides. Cette situation est suffisamment fréquente qu'on prévoit aussi la supplémentation pour des nourrissons de moins de 6 mois (dose de 50 000 UI de VA) dans les programmes de lutte basés sur les capsules (118).

Néanmoins, il reste encore des inconnus dans la relation entre les apports alimentaires de VA et le rétinol sérique, notamment en ce qui concerne la forte variabilité de l'efficacité de la conversion des caroténoïdes provitamines A en rétinol.

1.3.3. L'âge, le sexe des enfants et l'état physiologique

Il est établi que ce sont les enfants d'âge préscolaire qui sont les plus vulnérables et les plus touchés par la carence en vitamine A. Les raisons de cette vulnérabilité tiennent à leurs besoins plus importants en raison de la croissance, alors que leurs réserves sont plus faibles. Un autre facteur est la plus grande fréquence des infections et des parasitoses, qui s'ajoute à l'inadéquation de l'alimentation surtout après le sevrage.

Par contre, l'évolution de la carence à l'intérieur de ce groupe d'âge a été peu documentée. Entre 1 et 5 ans, l'évolution de la cécité nocturne dans plusieurs pays en Asie comme en Afrique montre un accroissement progressif des taux de prévalence de la carence (28). Les études n'ont d'ailleurs pas trouvé d'augmentation des apports en VA selon l'âge à cette période. En réalité, si les enfants ont tendance à manger plus avec l'âge, ils restent tout de même dépendants pour leur alimentation, et d'autre part, le sevrage et la réduction des apports en VA du lait maternel peuvent expliquer qu'on n'observe pas d'accroissement des apports. Dans une étude menée au Niger chez des enfants âgés de 2 à 4 ans au début du suivi, on a mesuré les apports en vitamine A avant, à 12 puis à 24 mois après le début du suivi. Les résultats ont montré que les apports totaux en vitamine A ne montraient effectivement aucune différence significative à la fin du suivi, soit deux années après le début (119) alors que les apports en macronutriments avaient augmenté après 12 et 24 mois. Cet accroissement des apports en macro nutriments pourrait être lié au fait que la collecte de donnée a eu lieu en saison sèche, mais on peut aussi le lier au fait que les enfants mangeaient de plus grandes quantités.

Des résultats similaires ont été obtenus avec des enfants d'âge préscolaires du Sud de l'Inde. Les apports en VA, lait maternel exclu, mesurés par une enquête de fréquence de consommation quantitative montraient un accroissement significatif seulement entre 12 et 24 mois, pour ensuite rester stables jusqu'à l'âge de 4 ans (120).

S'agissant de la rétinolémie, on dispose de peu d'études sur la distribution des faibles teneurs en rétinol en fonction de l'âge. Cependant les données de prévalence présentées dans les groupes témoins des essais contrôlés montrent bien que la proportion de faible teneur en rétinol n'est pas réduite entre 12 et 60 mois (106, 121). Une autre étude menée en Ethiopie chez 6636 enfants de 6 mois à 6 ans n'a montré aucune différence significative de la teneur moyenne de rétinol sérique entre les groupes d'âge (122). Il semble donc que chez les préscolaires, l'augmentation de l'âge ait peu d'influence sur l'évolution des apports en VA et sur la prévalence de la carence.

Le sexe semble être 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 que le niveau sérique de rétinol était de 20% supérieur chez les hommes que chez les femmes (123). Les résultats de l'enquête nationale conduite par Sommer en Indonésie tend à confirmer cet état de fait (124). Il avait trouvé un taux de prévalence de tâches de Bitot deux fois plus élevé chez les garçons que chez les filles, alors que cette différence liée au sexe n'a pas été retrouvée chez des enfants d'une région rurale de l'ouest du Bengale. (125).

L'association entre l'état physiologique et la carence en vitamine A est connue depuis longtemps, et de nombreuses populations associent d'ailleurs la grossesse à l'apparition de cécité nocturne. L'allaitement et la grossesse constituent en effet pour les femmes des périodes de forte vulnérabilité à la carence en vitamine A. Dans une région du Burkina, il a été rapporté que les femmes présentant des signes de cécité nocturne étaient systématiquement considérées comme étant enceintes (126). Dans le même sens, une enquête conduite chez des femmes allaitantes au Népal a rapporté que 8,1% d'entre elles souffraient de cécité nocturne, et que 16,2% en avaient souffert au cours d'une grossesse précédente (127).

1.3.4. Le rôle des infections et des parasites

La relation entre les infections et la carence en vitamine A est assez complexe. La carence en vitamine A prédispose les sujets aux infections, et inversement la récente survenue d'un état d'infection, surtout dans sa phase aiguë, s'accompagne d'une baisse importante et plus ou moins prolongée du niveau du rétinol sérique. La réaction inflammatoire aiguë, qui a un effet sur les protéines circulantes, a été proposée par Smith et Goodman pour expliquer cette baisse du rétinol circulant. Selon ce mécanisme, l'état infectieux va entraîner un accroissement des niveaux sériques des protéines inflammatoires, notamment la protéine C réactive, pour juguler l'inflammation (128). Il a été démontré que cette augmentation de protéines de la réaction inflammatoire se faisait au détriment des protéines de transport, et en particulier de la RBP (129, 130). Non seulement la production des protéines de

transport serait réduite, mais celles déjà produites avant l'inflammation seraient susceptibles d'être dirigées vers le milieu extra cellulaire. La conséquence est une baisse du rétinol circulant par déficit de sa protéine de transport. Le rôle des infections dans la baisse du rétinol a fait l'objet d'une revue par Sommer (28), qui a montré à cette occasion que diverses infections étaient associées à la baisse du rétinol sérique. En effet, les infections diarrhéiques, respiratoires et parasitaires sont fréquemment associées à des chutes du niveau du rétinol sérique (131). S'agissant de la rougeole, il a été rapporté que la cécité nocturne consécutive à l'attaque rougeoleuse était due à une carence secondaire en vitamine A (132, 133).

La 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 et à la thyroxine. Certaines études ont également montré que la carence en VA qui suivait les infections et les infestations parasitaires étaient causées par une mauvaise absorption intestinale (134), mais cette mauvaise absorption n'a pas été retrouvée lors d'une étude chez des enfants porteurs d'ascaris en Inde (135). En ce qui concerne les parasites intestinaux, les vers ronds (trichures, oxyures, ascaris) et les amibes semblent être plus susceptibles d'altérer le statut en VA que les vers plats (tænia). L'impact négatif de ces infestations parasitaires sur l'absorption serait plus important pour les carotènes provitamines A des feuilles vertes que pour les carotènes des fruits. L'association d'un traitement anthelminthique à la vitamine A ou aux provitamines végétales s'est en général montrée plus efficace pour améliorer le statut en vitamine A (rétinol sérique et MRDR) que des suppléments de végétaux ou de VA seuls (136-139).

A l'inverse, divers travaux ont cherché à évaluer l'impact d'une amélioration des apports et du statut en VA sur les infections. Il semble ainsi que les infections respiratoires sont moins influencées par la vitamine A que les infections diarrhéiques, et que ce sont surtout la durée et la sévérité des infections plus que l'incidence qui sont davantage diminuées.

En Tanzanie, un essai clinique randomisé de supplémentation en milieu hospitalier a administré à 687 enfants de 0 à 60 mois, soit 200 000 UI de VA, soit un placebo le

jour de l'admission. Une deuxième dose était administrée au jour 2, puis 4 et 8 mois après le séjour de l'hôpital, et un suivi a été assuré mensuellement pendant 12 mois (140). Les résultats montrent que, après ajustement pour tenir compte du statut socio-économique et de l'état nutritionnel initial des enfants, les enfants HIV positifs supplémentés en VA ont eu 2,8 cm en taille de plus que ceux HIV positifs n'ayant pas reçu de VA, alors qu'aucune différence n'a été observée chez les enfants HIV négatifs. De même, pour les enfants qui avaient le paludisme au début de l'étude, on a enregistré en une année un gain de poids de 747 g chez les supplémentés comparativement aux non supplémentés, et une baisse de 57 g dans le groupe des enfants qui n'avaient pas le paludisme.

Toujours en Tanzanie, un autre essai en double aveugle, intéressant 687 enfants de 6 à 60 mois hospitalisés à Dar Es Salam, a recherché l'effet de la supplémentation en vitamine A sur le risque de diarrhée et d'infections respiratoires aiguës (141). Un groupe d'enfants recevait un placebo tandis que l'autre était traité avec 200 000 UI vitamine A. Les traitements ont été faits au début, puis 4 et 8 mois après. Il s'est avéré que les enfants traités présentaient un risque significativement plus bas de diarrhée sévère, mais un risque plus élevé de toux et d'augmentation de la fréquence respiratoire, comparativement à ceux non supplémentés. La supplémentation s'est également montrée protectrice contre la diarrhée aiguë chez les enfants émaciés.

L'association entre la carence en VA et la rougeole a été également étudiée. Une méta-analyse récente a porté sur 6 essais (dont 5 en milieu hospitalier) et visait à évaluer l'effet des suppléments de VA sur les infections associées à la rougeole (142). Elle a porté sur un total de 492 enfants supplémentés contre 536 enfants recevant un placebo. Les résultats ne révèlent aucune différence significative en termes d'incidence pour la pneumonie et la diarrhée, alors que l'incidence du "croup" était réduite de 47% chez les enfants traités à 200 000 UI de vitamine A pendant deux jours consécutifs (RR = 0,53; IC à 95% = 0,29-0,89). Par ailleurs, les durées de la diarrhée, de la pneumonie ou de la fièvre, de même que le séjour à l'hôpital étaient significativement réduits chez les enfants traités.

En Equateur, d'autres auteurs se sont intéressés à l'effet de doses moins élevées sur les infections (143); un essai contrôlé et randomisé en double aveugle a été conduit sur 400 enfants de 6 à 36 mois. La moitié des enfants recevaient 10 000 UI de vitamine A par semaine et l'autre moitié, un placebo. La période de supplémentation était de 40 semaines, au cours desquelles il y avait un suivi hebdomadaire à domicile par des médecins. Au bout de la période d'intervention, les auteurs n'ont pas trouvé de différence significative de formes aiguës de diarrhée ou d'infections respiratoires entre les deux groupes. Cependant, chez les enfants accusant un retard pondéral, les sujets supplémentés présentaient toutefois moins de cas d'infections aiguës des voies respiratoires basses.

1.3.5. Le statut socio-économique

Aux Etats Unis, une étude visant à évaluer le statut en vitamines A et E d'enfants issus de familles socialement désavantagés a trouvé que 32% d'entre eux avaient des réserves faibles, mesurées par MRDR (144). Ces chiffres sont très élevés et les auteurs appellent à porter une grande attention au statut des enfants de ménages défavorisés. En Indonésie, une forte corrélation entre le statut en vitamine A et le faible statut économique avait déjà été mise en évidence. (124), mais cela n'a pas été retrouvé, toujours en Indonésie par Kjolhede, qui recherchait le lien entre le statut en VA des enfants et différents facteurs socio économiques de leurs ménages (dépenses mensuelles, propriétés foncières, équipement, occupation du père, présence de cheptel) (145). On ne dispose pas d'étude similaire en Afrique, mais la répartition géographique de la carence en vitamine A suggère une association avec la précarité des conditions de vie. En effet, les parties du monde où la carence est un problème de santé publique dont celles ayant un bas niveau de développement économique et social.

1.4. LES METHODES D'EVALUATION DU STATUT EN VITAMINE A

Le statut en vitamine A, tout comme le statut nutritionnel en général représente un état d'équilibre plus ou moins stable, difficile à cerner. On peut considérer qu'il est déterminé par l'équilibre entre les apports et les dépenses de l'organisme. Plusieurs situations peuvent donc se présenter entre des états d'équilibre négatifs, caractérisés par de faibles apports par rapport aux dépenses, et des états d'équilibre positif où les apports sont supérieurs aux besoins. Cinq états différents ont été ainsi proposés par Olson : déficient, tangent, satisfaisant, excessif et toxique (11).

L'importance de l'évaluation du statut en vitamine A 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 des sensibilités et des spécificités différentes.

En 1996, l'OMS a fait une revue des méthodes d'évaluation du statut en VA, distinguant les carences cliniques des carences subcliniques (146).

1.4.1. Méthode d'évaluation au stade clinique

Cette méthode est basée sur des signes oculaires observés sur le sujet. Ces derniers ont fait l'objet d'une description et d'une codification assez précise et détaillée (147). Le premier signe clinique, bien connu des populations des régions où la carence sévit, est la cécité nocturne ou héméralopie. Elle a souvent un nom dans la langue locale, ce qui fait que l'on a beaucoup utilisé cet indicateur dans de nombreuses études. Lorsque la carence n'est pas bien connue et qu'il n'y a pas de nom local, il est nécessaire, lors des enquêtes, de bien distinguer la cécité nocturne des autres cécités non nutritionnelles; pour ce faire, un algorithme a été recommandé par l'OMS (146).

L'évaluation par les autres signes plus avancés de la carence (différents stades d'atteinte oculaire), nécessite l'intervention d'un personnel spécialisé.

1.4.2. Méthodes d'évaluation au stade subclinique

Lorsque les réserves en vitamine A sont toujours disponibles et qu'il n'y a pas de signes cliniques, l'évaluation du statut en vitamine A fait appel à des méthodes biochimiques ou histologiques, que nous présentons par ordre décroissant de fiabilité.

1.4.2.1.. L'évaluation directe des réserves en vitamine A de l'organisme

Elle fait appel à des méthodes nouvellement mises au point et faisant intervenir l'utilisation d'isotopes stables. Il s'agit de la méthode de dilution isotopique, qui nécessite l'utilisation de rétinol marqué au deutérium. Bien que difficile à mettre en œuvre sur le terrain et coûteuse, elle est de plus en plus utilisée dans la recherche (64, 148, 149). On administre oralement une dose de rétinol marqué au deutérium à un sujet, puis trois semaines plus tard, alors que le rétinol administré s'est équilibré avec les réserves organiques, on procède à un prélèvement sanguin. On démontre qu'il y a une association entre la quantité des réserves organiques en rétinol et le niveau de dilution du rétinol marqué. En dépit des difficultés de divers ordres, il est important de rendre cette technique accessible. N.Solomons pose comme une nécessité l'application de cette technique sur le terrain dans les PED (150)

Différents auteurs se sont intéressés à évaluer la validité de cette méthode. Au Bangladesh, 15 hommes et 16 femmes âgées de 21 à 65 ans ont participé à une étude de validation dans laquelle des biopsies hépatiques ont été faites à l'occasion d'interventions chirurgicales (151). Neuf à onze jours avant l'intervention chirurgicale, les auteurs avaient administré par voie orale à ces sujets 0,753 nmol de rétinyl acétate marqué au deutérium par kg de poids. La concentration hépatique en VA, mesurée directement à partir de ces prélèvements, a été comparée à celle obtenue par la méthode de dilution isotopique. Les résultats montrent 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. Toutefois, les résultats indiquent des intervalles de confiance très importants lorsque l'estimation se fait au niveau individuel.

Ces résultats ont été confirmés par d'autres études. De nouveau, des biopsies hépatiques obtenues chez 11 patients opérés ont été utilisées, contre l'utilisation de rétinyl acétate marqué au deutérium (152). Il a été trouvé que les coefficients de corrélation entre les résultats des deux méthodes était de 0,88, et le coefficient de Spearman de 0,95. Comme les sujets avaient un statut en VA très variable, on en déduit que les réserves de VA peuvent être estimées de façon valide par la méthode isotopique, aussi bien pour les sujets à statut marginal que pour ceux dont le statut est satisfaisant.

L'utilisation de la dilution isotopique aux fins d'évaluer les changements suite à des apports de VA a été également testée. Les résultats se sont montrés satisfaisants, comme en atteste cette étude réalisée chez 26 hommes de 18 à 32 ans et qui démontre que la méthode est fiable pour détecter les changements survenant suite à une intervention. Ces hommes ont reçu deux doses orales de rétinol marqué au deutérium, à trois mois d'écart (149). Pendant cette période, ils ont été assignés à trois groupes et recevaient des repas contrôlés à très faible apport de VA, à $5,2 \mu\text{mol}$ rétinol et à $10,5 \mu\text{mol}$ rétinol respectivement. On a trouvé que les réserves en VA de l'organisme étaient respectivement de $0,048 \pm 0,031$ mmol, $0,252 \pm 0,045$ mmol et $0,489 \pm 0,066$ mmol pour les trois groupes respectifs.

1.4.2.2. L'évaluation indirecte des réserves hépatiques

La vitamine A du foie représente 90% des réserves totales corporelles. L'estimation des réserves hépatiques constitue de ce fait une méthode de mesure indirecte des réserves de l'organisme. La biopsie, traumatisante et compliquée à mettre en oeuvre a laissé place à des méthodes moins invasives et plus valides comme notamment la

réponse relative à la dose (RDR) et sa version modifiée (MRDR). La RDR consiste à administrer une forte dose de rétinol et à observer les variations du rétinol circulant.

Le principe repose sur le fait que la teneur sérique en rétinol est maintenue à un niveau homéostatique. Ainsi, chez une personne à statut déficient ou marginal, l'administration d'une forte dose de rétinol entraîne une réponse sérique sous la forme d'un accroissement des taux circulants, étant donné que les protéines de transport ne sont pas saturées. A l'inverse, si le statut est satisfaisant, les protéines de transport sont déjà occupées car liées au rétinol circulant; une administration de rétinol à de tels sujets n'occasionnera qu'une faible hausse du rétinol circulant.

La méthode RDR a été développée pour la première fois par Loerch (153); par la suite, beaucoup de travaux ont été réalisés pour en faire un véritable outil d'évaluation en santé publique, allant même jusqu'à son allègement pour se limiter à un seul prélèvement sanguin (154). Ces deux méthodes diffèrent par le fait que dans la RDR on utilise une dose de 450 à 1000 mg d'ester de rétinol dissoute dans l'huile en administration orale à des enfants en bas âge à jeun, et que deux prélèvements sanguins à 5 heures d'intervalle sont effectués. La version modifiée utilise le 3, 4-déhydroretinyl acétate, à raison de 5,3 μmol pour les jeunes enfants en administration orale unique (155). Le niveau de l'augmentation du rétinol circulant entre les deux prélèvements est utilisé pour interpréter les résultats. Une hausse supérieure à 20% du niveau du rétinol à la cinquième heure pour la RDR ou un rapport entre le niveau du 3,4-déhydroretinyl et celui du rétinol supérieur à 6% pour la MRDR est interprété comme un signe de statut inadéquat. L'utilisation du 3,4-déhydroretinyl dans cette méthode est possible car celui-ci a aussi une affinité pour le RBP même si cette affinité est moindre que celle du rétinol. Bien que ces méthodes soient considérées comme assez spécifiques, des points de discussions subsistent quant aux valeurs des doses d'administration, aux seuils utilisés pour définir l'état de carence et à leur reproductibilité.

1.4.2.3. L'évaluation du taux de rétinol circulant

Le rétinol est présent dans le sang majoritairement sous forme de rétinol, lié à sa protéine de transport, la RBP, elle-même liée à la transtyréthrine. Sa concentration sérique est maintenue dans des limites physiologiques car elle est sous contrôle homéostatique. Les formes estérifiées ne représentent que des proportions mineures, sauf dans les cas où le sujet a reçu du rétinyl ester sous forme de capsules, ou lorsqu'il vient de consommer un aliment riche en ester de rétinol (10).

Il est mesuré par HPLC après une prise de sang chez un sujet à jeun. La principale limitation du rétinol sérique en tant qu'indicateur du statut en VA porte sur le fait qu'il ne reflète pas suffisamment bien les réserves organiques. Chez les sujets à réserves adéquates, le rétinol sérique reste dans les limites homéostatiques; le niveau du rétinol sérique ne baisse que dans les cas où les réserves hépatiques s'abaissent en deçà du seuil de $0,07\mu\text{mol/g}$ de foie.

Par ailleurs, le rétinol sérique est très influencé par différents facteurs, en particulier les infections et certains états pathologiques des reins. La carence en zinc influence également le rétinol circulant, le zinc intervenant dans la réduction du rétinol en rétinol et dans la synthèse de la RBP (83).

Depuis le rapport de l'OMS de 1996, le seuil de $0,70\mu\text{mol/l}$ a été retenu pour définir une faible teneur de rétinol sérique, signe d'un état de carence subclinique (146). Cependant, les nombreux facteurs d'influence du rétinol sérique font de lui un indicateur peu spécifique, non recommandé pour évaluer le statut d'un individu. Néanmoins, il est accepté pour évaluer le statut d'une population, comparée à deux moments différents ou encore à une autre population (146), pour évaluer les changements. En effet, on estime que dans le cas d'une population, les facteurs d'influence du rétinol circulant sont en principe présents dans une proportion constante. Il y a, par exemple, un taux d'infection qui se situe à un niveau plus ou moins constant, caractéristique de la population en dehors d'une circonstance

particulière, alors que dans le cas des individus, ces derniers peuvent passer généralement d'un état d'infection à un état normal, ce qui influence directement la rétinolémie. Lorsque l'on souhaite utiliser le rétinol sérique pour comparer une même population à deux temps différents, il serait alors important de vérifier que les facteurs influençant le rétinol sérique n'ont pas évolué dans ce laps de temps.

1.4.2.4. Le rétinol du lait maternel

La concentration en rétinol du lait maternel s'avère un indicateur du statut en VA des femmes allaitantes (156), et constitue en même temps un indicateur indirect du statut de leurs nourrissons. (156, 157). Cet indicateur présente le gros avantage de ne pas être invasif, et de pouvoir servir à la fois comme indicateur pour la mère et le nourrisson allaité. Cependant, la forte variabilité de la composition du lait, même au cours d'une même tétée, appelle des précautions lors des prélèvements du lait. On recommande généralement que les prélèvements de lait soient effectués à différents moments de la journée et que les résultats soient exprimés par unité volumétrique et par unité de matières grasses du lait. Cela est rendu nécessaire car la vitamine A est présente dans la phase lipidique, et que la teneur en matière grasse du lait varie elle aussi selon le moment. 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 matière grasse (146). Ces seuils ont été fixés en tenant compte des besoins alimentaires en vitamine A des nourrissons, et de façon à permettre le suivi des variations de statut des mères.

Dans une étude qui visait à comparer la capacité de différentes méthodes à détecter les changements du statut en VA chez des femmes, deux groupes de femmes ont été aléatoirement assignées à recevoir soit une dose unique de 200 000 UI soit un placebo, deux semaines après l'accouchement (158). Six mois après, le rétinol sérique, la MRDR et le rétinol du lait ont été utilisés pour identifier les méthodes qui différencieraient le mieux le groupe supplémenté du groupe placebo. Les résultats ont montré que le rétinol du lait maternel exprimé par unité de matière grasse de lait avait la meilleure performance, suivie de la MRDR. Ces données montrent que, même si le

rétinol du lait maternel est reconnu être un indicateur du statut en Va dont la sensibilité et la spécificité sont peu élevées (146), son association avec les autres indicateurs du statut maternel et de l'enfant est assez forte pour qu'il soit utile au niveau des populations et pour évaluer les interventions, surtout pour les femmes à déficit modéré.

1.4.2.5. Les autres indicateurs du statut en vitamine A

De nombreux autres indicateurs peuvent être utilisés pour évaluer le statut en vitamine A, qu'ils soient de nature biologique, histologique, fonctionnelle ou écologique.

Parmi les indicateurs biologiques, on peut citer le dosage de la RBP, car presque toute la vitamine A sérique y est liée, mais aussi les esters de rétinol, toutefois en quantité extrêmement faible dans le sang. Les caroténoïdes sanguins ont été aussi proposés, mais ils reflètent surtout l'apport alimentaire récent en caroténoïdes.

Le test d'impression conjonctivale est un outil d'évaluation du statut en VA, basé sur les modifications histologiques qui surviennent dans l'épithélium de la conjonctive oculaire (28). En effet, la différenciation cellulaire qui s'opère dans les tissus épithéliaux de l'œil sont possibles grâce à la VA. En cas d'épuisement des réserves, l'absence de différenciation cellulaire se traduit par une réduction ou une absence des cellules de Goblet et des modifications de l'aspect de l'épithélium. Ces données ont été mises à profit pour détecter la carence, à un stade précoce. Les cellules conjonctivales sont prélevées par apposition d'une bande de papier de cellulose sur la conjonctive oculaire. Après coloration, l'observation au microscope permet de compter le nombre de cellules normales ou anormales, notamment la réduction du nombre de cellules de Goblet et de constater une situation de baisse des réserves de l'organisme. Parmi ses avantages, on peut noter le coût relativement bas et son aptitude à être mise en œuvre dans des conditions de terrain pour le dépistage de masse. En revanche, il présente des limites. En effet, la technique est d'un usage

difficile chez les jeunes enfants avant l'âge de trois ans, car ceux-ci montrent généralement une réticence aux prélèvements (159). Ensuite, il est peu spécifique, car la plupart des affections oculaires qui favorisent une sécheresse conjonctivale entraînent également une réduction des cellules de Goblet (160).

Plusieurs tests fonctionnels pour évaluer le statut en VA ont été mis au point, parmi lesquels, le test d'altération de l'adaptation à la l'obscurité, le temps de restauration de la vision et la constriction de la pupille.

Le test de l'altération de l'adaptation à la lumière consiste à soumettre l'œil à une forte illumination, puis à vérifier ensuite si le sujet est capable de bien voir dans l'obscurité. Les sujets carencés manifestent généralement des difficultés à s'adapter et sont incapables de voir dans l'obscurité, tandis que certains sujets verront le temps nécessaire à la restauration de la vision considérablement allongé (161). Des instruments ont été développés pour faciliter la mesure de l'altération de l'adaptation en milieu clinique. Un autre test, celui de la constriction pupillaire est basé, sur le fait qu'en fonction de l'intensité lumineuse, la pupille est capable de réagir, soit par dilatation, soit par constriction. Chez les sujets souffrant de cécité nocturne, cette propriété est perdue. Cette méthode a été efficacement mise en œuvre dans divers groupes d'âge, incluant des enfants de 12 mois et des femmes enceintes (162, 163). Les résultats ont montré une étroite association avec le rétinol sérique, et attestent son intérêt dans les études d'évaluation de programmes de supplémentation. Plus récemment, 298 femmes enceintes du Népal ont été incluses dans une étude visant à étudier la capacité d'adaptation de la pupille à l'obscurité selon qu'elles sont ou non supplémentées en VA ou en β -carotène (162). L'évaluation de la capacité d'adaptation a été réalisée par la mesure de la quantité de lumière nécessaire à la constriction de la pupille, selon que ces femmes ont reçu de la VA, du β -carotène ou un placebo. On a trouvé que la VA améliorait l'adaptation pupillaire mieux que le β -carotène. En outre, l'adaptation pupillaire était associée au rétinol sérique sauf chez les femmes enceintes recevant de la VA. On peut en conclure que l'adaptation pupillaire est associée au rétinol sérique pendant la grossesse et s'améliore en cas de supplémentation en VA.

Certains indicateurs écologiques permettent d'estimer de manière indicative le risque de carence dans une population. Ils peuvent être utilisés comme indicateurs indirects, mais ne peuvent pas remplacer les indicateurs biologiques et ne suffisent pas à définir un problème de santé publique. Sont généralement utilisés les indicateurs anthropométriques, les disponibilités alimentaires, le profil de consommation alimentaire, les indicateurs de santé et les indicateurs socio-économiques.

1.4.2.6. Critères de choix d'une méthode d'évaluation du statut VA

Le choix d'une méthode dépend des exigences de l'étude et des ressources disponibles. En se basant sur des critères de sensibilité, spécificité, coût et faisabilité technique, l'OMS a ainsi 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(146). Nous reproduisons ci dessous, dans le tableau II, cette classification. Le signe "+" indique une appréciation positive tandis que le signe "-" désigne que l'indicateur n'est pas ou est peu valide. Le nombre de signe indique l'intensité de la validité ou de la non validité du critère.

Tableau II: Classement des indicateurs biologiques utilisés pour des études en population

Indicateurs	Évaluation de risque de carence	Ciblage de programmes	Évaluation de l'efficacité
CECITE NOCTURNE	+++	+++	+++
Rétinol du lait maternel	++	+++	++
Rétinol sérique	++	+	++
RDR et MRDR	+++	+++	+++
Test d'impression conjonctivale	+	--	--

Source: OMS, 1996

1.4.2.7. Critères de sévérité de la carence en vitamine A à l'échelle des populations

L'interprétation de ces indicateurs au niveau des populations permet d'apprécier la sévérité de la situation et de définir l'urgence et l'intensité des actions à développer. Le tableau III ci-dessous présente la grille d'interprétation recommandée par l'OMS (146).

Tableau III: Grille d'interprétation de la sévérité de la carence en vitamine A

INDICATEURS	NIVEAU DE PREVALENCE POUR DEFINIR L'EXISTENCE ET LA SEVERITE D'UN PROBLEME DE SANTÉ PUBLIQUE		
	Léger	modéré	sévère
Indicateur fonctionnel			
• Cécité nocturne chez les 24 -71 mois	0 - 1%	1 - 5%	≥ 5%
Indicateurs biochimiques			
rétinol sérique < 0,70 $\mu\text{mol/L}$	2 - 10%	10 - 20%	≥ 20%
rétinol du lait maternel $\leq 1,05 \mu\text{mol/L}$ (ou $\leq 5 \mu\text{g/g}$ matière grasse)	<10%	10-25%	≥ 25%
RDR ($\geq 20\%$)	< 20%	20-30%	≥ 30%
MRDR ($\geq 0,06$)	< 20%	20-30%	≥ 30%
Indicateur histologique			
• Impression conjonctivale (24-71 mois)	< 20%	20 - 40%	≥ 40%

source : OMS, 1996

1.4.3. L'évaluation des apports de VA comme méthode indirecte d'évaluation du statut

La mesure de la consommation d'aliments riches en VA et des apports a été utilisée comme méthode indirecte d'évaluation du statut en VA. Les questionnaires de fréquence de consommation seront développés car ils constituent la méthode la plus utilisée.

1.4.3.1. Evaluation des apports en VA

L'évaluation des apports en VA représente un exercice généralement compliqué. Thompson et Byers (164) ont décrit deux groupes de méthodes, le premier qui mesure directement la consommation alimentaire par pesée ou observation, et le deuxième qui évalue a posteriori au moyen de rappel. Même si les méthodes directes paraissent plus précises, elles comportent des limites, notamment le fait de provoquer des modifications de comportement en raison de leur caractère invasif (165, 166)]. Au Sénégal, on a trouvé que la méthode par pesée sous-estimait les apports énergétiques chez les enfants (167). De plus ces méthodes directes sont lourdes et sont difficiles à mettre en œuvre sur de gros échantillons, ce qui donne l'avantage aux méthodes de rappel de 24 heures et de fréquence de consommation, qui de plus sont moins envahissantes (165)]. Malheureusement, ces méthodes font beaucoup appel à la mémoire, d'où la nécessité de prendre en compte les risques d'oublis et d'imprécisions de manière à les limiter (165).

Trois situations difficiles sont souvent rencontrées: la première est liée à la consommation dans un plat commun, comme c'est le cas dans de nombreuses communautés africaines, la seconde à une consommation alimentaire importante hors ménage; la troisième difficulté tient à l'évaluation de la consommation alimentaire chez les jeunes enfants, dont la consommation peut être très variable et fractionnée en petites quantités. Ils dépendent de leurs mères et /ou d'une nourrice auxquelles on demande de rapporter la consommation de l'enfant.

En ce qui concerne l'évaluation de la consommation d'aliments riches en vitamine A (ASVA), la méthode retenue doit tenir compte de la grande variabilité de leur consommation dans le temps (166). En effet, dans la plupart des communautés, le coût des aliments d'origine animale fait que la consommation de ces aliments riches en VA est espacée, et serait de ce fait difficile à évaluer par un rappel de 24 heures ou par pesée. En outre, la consommation d'aliments riches en VA d'origine végétale est marquée par les saisons. Pour ces raisons, on préférera les questionnaires de

fréquence de consommation (QFC), non pour mesurer avec précision la quantité consommée, mais pour identifier des groupes à risque d'apport inadéquat (168, 169). Deux modèles de QFC sont souvent utilisés dans les PED pour évaluer les risques de carence en vitamine A :

Le modèle Hellen Keller International (HKI) est très simple à réaliser sur le terrain. Elle ne vise pas à estimer quantitativement les apports mais à décompter le nombre de jours de consommation d'une liste d'aliments riches en VA, en matières grasses ou en protéines (168). Elle est utilisée pour les enfants d'âge préscolaire. Les fréquences de consommation servent ensuite à calculer un score qui permet de juger du niveau de risque de carence en VA pour la population étudiée.

La méthode originale de l'IVACG a été décrite par Underwood (169). Elle est basée sur un questionnaire de fréquence de consommation quantitatif, comportant plusieurs étapes et conduisant à l'estimation des quantités d'ASVA consommées et des apports en VA correspondants. Ce rappel de 24 heures est complété par une histoire diététique étalée sur un mois. Le premier point de cette méthode consiste à faire une liste des ASVA de la région, puis à déterminer les tailles des portions habituelles, de même que les modes culinaires. Grâce aux tables de composition des aliments, ces derniers sont classés en fonction de leur teneur en VA. Les données collectées permettront ensuite de calculer un indice de consommation pour chaque sujet.

La validation des méthodes est une étape importante avant son utilisation à des fins de recherche. Elle consiste à en évaluer l'exactitude en la comparant à une autre méthode, considérée comme une méthode de référence. Ainsi définie, il s'agit en réalité d'une validité relative, celle absolue devant être vérifiée sur la base du rétinol sérique ou d'un autre indicateur du statut en VA. Elle est établie grâce à des indicateurs statistiques, dont les plus utilisés sont le coefficient de corrélation de Pearson et Spearman, et le degré d'agrément des résultats des méthodes comparées. Le coefficient de corrélation de Pearson et Spearman mesure l'association linéaire entre deux variables, mais cette association n'est pas forcément à égale proportion ;

en effet, une forte corrélation ne correspond pas forcément à une bonne estimation d'une variable par l'autre ; la corrélation n'a vraiment son sens dans la démarche de validation que si la droite de régression entre les deux variables a un angle de 45° (170). Par contre, le degré d'agrément qui est mesuré par le coefficient de concordance reflète réellement la validité relative car lorsque deux méthodes donnent des estimations identiques, la droite suit une droite de 45°.

Dans une étude réalisée au Niger par Delisle et al (171), le QFC avait été validé par comparaison avec une enquête alimentaire par pesée sur trois jours consécutifs. Cent quatre vingt enfants d'âge préscolaire ont participé à cette validation, à deux passages. Les apports en vitamine A, la structure de ces apports et les apports des aliments individuels ont été établis. Concernant les apports en VA, une surestimation par le QFC a été constaté après une analyse utilisant le test de rang de Wilcoxon. Cette surestimation était de l'ordre de 15% au premier passage et de 22% au deuxième passage, probablement en raison d'une surestimation de la consommation des aliments d'origine animale. Ce type de surestimation des apports par le QFC a été retrouvé auparavant par d'autres chercheurs dans d'autres PED. Krause et al, (1996)² ont utilisé un QFC sous forme de pictogramme, et ont travaillé avec un groupe de 58 enfants de 5 à 36 mois au Guatemala. Un coefficient de corrélation de 0,73 a été trouvé, mais le QFC entraînait une surestimation des apports par rapport à la référence de quatre rappels de 24 heures. En Indonésie, on a également trouvé une surestimation des apports en vitamine A par le QFC et un coefficient de corrélation de 0,50 (172). La méthode de référence utilisée était un rappel de 24 heures sur 7 jours consécutifs.

Cette tendance à surestimer les apports vitaminiques A par le QFC a pour conséquence de sous-estimer la proportion d'enfants exposés à un risque d'apport insuffisant.

1.4.3.2. Lien entre les apports et le statut en VA

² Krause VM, Delisle H, Espinosa L and Solomons NW. Vitamin A intake of Guatemalan children assessed by a pictorial seven day food frequency and 24 hour recalls. 1994; non publié

Nous avons déjà présenté dans le chapitre relatif aux aspects épidémiologiques, des données montrant les relations entre les apports en VA, (ou la consommation d'ASVA) et le statut en VA. Ainsi, les apports en VA représentent le principal facteur épidémiologique du statut en VA. Cependant, les méthodes de mesure des apports peuvent influencer sur ce lien, posant ainsi la validité des outils de mesure de la consommation alimentaire. En effet, l'unanimité n'existe pas quant à la validité de la fréquence de consommation développée par l'IVACG pour évaluer les apports en VA. Dans une récente étude menée chez des enfants d'âge préscolaires en Indonésie, on a montré que les apports mesurés par rappel de 24 heures étaient associés au rétinol sérique alors qu'ils ne l'étaient pas lorsqu'ils étaient mesurés selon la méthode de fréquence de consommation de l'IVACG (173). De surcroît, dans cette étude, les enfants ayant les apports VA les plus bas avaient les meilleurs statuts en vitamine A, alors qu'une relation linéaire significative du type dose effet a même été trouvée entre le rétinol sérique classé en 5 catégories ordinales et les apports mesurés par rappel de 24 heures. Ces résultats vont à l'encontre de la recommandation de l'IVACG jusque là retenue et qui estimait que la méthode de fréquence de consommation était plus valide que celle de 24 heures. Au Niger, lors d'une étude chez des enfants d'âge préscolaire, les résultats avaient montré une association significative entre le rétinol sérique et les apports uniquement lorsqu'ils étaient estimés par pesée ((102)

1.4.3.3. Facteurs influençant les apports de VA

De nombreux facteurs peuvent influencer la consommation d'ASVA et donc, le niveau des apports de VA. Les ASVA se composent des produits animaux, des fruits de couleur orange, des tubercules jaunes ou orangés et des feuilles vertes. Les facteurs qui influencent la consommation sont fonction de l'aliment. Il s'agit du revenu, des variations saisonnières et des habitudes alimentaires (174).

Un autre facteur nous semble important à citer comme influençant la consommation des ASVA ; il s'agit de la conscience que les gens ont de l'aliment et de son avantage au plan sanitaire. Globalement, la consommation des produits animaux est influencée

dans les PED par des contraintes économiques et les habitudes alimentaires. Par exemple les œufs constituent un interdit alimentaire dans certaines régions du Burkina (175), sa consommation par les enfants étant considérée être un facteur de prédisposition au vol. De même les femmes enceintes ne devraient pas en consommer car cela rendrait le futur bébé voleur. Dans le Macina au Mali, la consommation d'œufs par les enfants serait mauvaise car ils interféreraient avec leur développement physique. Le lait et les produits laitiers sont souvent limités par les conditions agro-climatiques dans les pays du Sahel. Le foie est généralement disponible même dans les communautés pauvres de beaucoup de PED, en raison de l'élevage de case. Malheureusement, le foie est souvent frappé d'interdits pour les enfants comme c'est le cas au Burkina (175). Au Mali, sa consommation serait limitée uniquement aux jours de marché (176). Néanmoins, le foie est utilisé comme moyen de traitement de la cécité nocturne, affection bien connue des populations qui disposent d'un nom local pour la désigner.

Quant aux feuilles vertes, leur consommation semble moins associée au revenu, mais serait plutôt liée aux variations saisonnières dans les sociétés qui les consomment en sauce. C'est leur disponibilité qui constitue le déterminant principal de leur consommation (177)). Dans certaines régions, notamment en Iran, la consommation de feuilles vertes était associée à un meilleur statut économique (174). La consommation des fruits serait influencée par la saison et par le revenu, surtout en milieu rural (177, 178). Les apports permis par cette consommation dépendent du traitement subi par les aliments lors de la cuisson, du séchage ou du stockage. On a estimé les taux de déperdition des caroténoïdes suite à différents types de traitements, ou en fonction des conditions de transport et d'entreposage.

1. 5. LES APPROCHES ALIMENTAIRES DE LUTTE CONTRE LA CARENCE EN VITAMINE A: MODALITES ET IMPACT

Les approches alimentaires de lutte contre la carence en vitamine A représentent un enjeu capital dans les stratégies de lutte dans les pays en développement. Elles constituent avec la supplémentation et les mesures de santé publique, notamment la

promotion de l'allaitement maternel, la lutte contre les infections et les parasitoses, les différents axes de la lutte contre la carence en VA.

Depuis la déclaration de la Conférence Internationale sur la Nutrition (179) sur la faim cachée, beaucoup d'efforts ont été déployés et ont permis des progrès notables principalement pour les formes cliniques de carence en VA. Mais beaucoup reste encore à faire pour les formes subcliniques et il est nécessaire que les efforts faits jusqu'à présent pour améliorer la couverture des campagnes de masse de supplémentation médicamenteuse en VA soient à présent étendus aux approches alimentaires. C'est la raison pour laquelle nous nous concentrons essentiellement sur les approches alimentaires, plutôt que sur la supplémentation. Par approches alimentaires, nous entendons toutes les mesures, activités, interventions ou programmes impliquant le système alimentaire, incluant la production d'aliments riches en VA, leur transport, conservation et transformation, ainsi que la commercialisation et les mesures incitatives à leur consommation et à la diversification alimentaire. Ces approches comprennent également la stratégie d'enrichissement des aliments vecteurs par la VA ou par des aliments très concentrés en VA.

1.5.1. Stratégies de diversification alimentaire et d'enrichissement

Les stratégies de diversification alimentaire et d'enrichissement sont de fait reconnues les seules à même de garantir un véritable contrôle de la carence en VA à long terme. Il est donc particulièrement important de pouvoir démontrer l'efficacité de ces approches sur des bases scientifiques. Depuis 1996, six importantes revues ont été consacrées aux approches alimentaires (7, 180-184). Au-delà de l'enrichissement, il existe essentiellement deux types d'approches alimentaires (180).

Le premier type concerne les interventions qui visent à accroître la production, la disponibilité, l'accès et la consommation d'aliments riches en rétinol ou en

provitamines A, y compris les mesures de conservation des aliments et d'enrichissement d'aliment à aliment.

Le deuxième type d'intervention regroupe celles qui cherchent à améliorer la bio-disponibilité des provitamines A des aliments par le biais de l'amélioration des processus de transformation et de mélanges alimentaires adéquats (par exemple l'augmentation de la matière grasse alimentaire)

A travers ces revues, il est ressorti que les questions d'efficacité et de méthodes d'évaluation de ces approches méritent d'être discutées.

L'enrichissement d'aliments en VA constitue une voie alimentaire possible de lutte contre la carence en VA, en outre de celle de diversification alimentaire. Il fait partie de ce qu'il est convenu d'appeler actuellement les approches de lutte basées sur le système alimentaire (180), qui prend en compte les différents maillons depuis la production des aliments riches en micro-nutriments jusqu'à leur consommation, en passant par la conservation et les éventuelles transformations des aliments. L'enrichissement consiste à incorporer dans un aliment dit vecteur, une quantité donnée de micro nutriment sous une forme appropriée, afin d'assurer un apport régulier de VA.

L'enrichissement présente plusieurs avantages et a connu des succès dans de nombreux pays, surtout développés, mais il s'implante graduellement dans les PED, d'abord dans les pays latino-américains et asiatiques, puis plus récemment dans les pays africains. On peut citer comme premier avantage, la non-dépendance du changement des habitudes alimentaires; ces aliments sont en général choisis parce qu'ils sont socialement acceptables et adéquatement consommés (185). En plus, l'enrichissement bien conduit a des effets à moyen et long terme et ne présente pas de risque tératogène pour les femmes enceintes, contrairement à la supplémentation médicamenteuse.

Toutefois l'enrichissement comme approche pour un pays comprend différentes étapes allant du choix des aliments à enrichir (aliment vecteur), à la connaissance de

leur niveau de consommation et du niveau d'enrichissement requis, et au rôle de l'Etat, des industriels et des consommateurs (186, 187)

Il est important que l'aliment à enrichir soit consommé par une grande proportion de la population à risque de carence en vitamine A et ce, tout au long de l'année; en outre, il doit être transformé dans un nombre restreint d'unités industrielles afin de permettre un meilleur contrôle.

La connaissance des niveaux de consommation de l'aliment vecteur potentiel des groupes à risque d'une carence en vitamine A est indispensable d'une part pour décider de son choix et d'autre part pour déterminer le taux d'enrichissement minimum et maximum. Afin d'être efficace, l'aliment vecteur est choisi en raison du fait qu'il est régulièrement consommé par au moins 50% de la population à risque en des quantités relativement constantes à travers les groupes cibles, pour garantir l'efficacité tout en évitant tout risque de toxicité. Ce sont les critères pris en compte de nos jours en Afrique occidentale pour les initiatives d'enrichissement en VA des produits locaux (187-190).

Les produits enrichis sont largement répandus dans les pays développés et cette expansion est une preuve de leur acceptabilité (191). Les pays latino-américains et asiatiques bénéficient également d'une certaine expérience en matière d'enrichissement. Le sucre, l'huile le blé, le riz, le thé et le glutamate mono sodique ont été les aliments vecteurs les plus utilisés (192).

Même s'il est nécessaire de soutenir la production d'aliments de base naturellement riches en micro-nutriments, on devrait tout de même, selon certains auteurs, reconnaître la nécessité d'un programme d'enrichissement au niveau national (193). Pour cet auteur, la supplémentation et l'enrichissement envers les groupes vulnérables sont à la fois nécessaires et complémentaires. Cependant, en Afrique de l'ouest, les initiatives actuellement en cours pour l'enrichissement des aliments locaux semble prévoir, en plus des programmes à envergure nationale, la possibilité d'enrichissement pour certains groupes vulnérables ou pour certaines régions.

Enfin, l'amélioration génétique a été de tout temps un moteur important permettant des développements prodigieux de la production et l'amélioration de la qualité des aliments. Les exemples sont nombreux et bien connus en agriculture et en élevage. Dans la plupart des situations passées, il s'est agi d'amélioration génétique basée sur la sélection naturelle ou accélérée de variétés à haut potentiel. On attend de voir les retombées de la sélection de variétés de tomates à haute teneur en β -carotène en Inde à partir de variétés traditionnelles normalement pauvres, et des variétés de patates douces à fortes teneurs de β -carotène, en promotion dans le cadre d'un projet visant à en augmenter la production et la consommation au Mozambique (194). Une autre variété de patate douce, la SPK 004, a été mise au point par sélection au Pérou. Une quantité de 100 g serait suffisante pour couvrir les besoins de sécurité journaliers en vitamine A d'un l'enfant. (195).

1.5.2. Le problème de l'évaluation des approches de diversification alimentaire

L'évaluation des approches de diversification alimentaire vise principalement la faisabilité de l'approche en termes d'adoption et de pérennité, mais surtout la vérification de leur efficacité. Dans cette optique, ce n'est pas tant la disponibilité des sources végétales potentielles en caroténoïdes qui représente la principale difficulté, mais bien leur utilisation dans un contexte permettant de juger de leur efficacité dans le cadre d'une stratégie de lutte. De ce point de vue, deux niveaux d'évaluation doivent être considérés: d'abord l'efficacité de l'aliment, lorsqu'il est consommé selon les quantités adéquates, pour développer l'effet biologique attendu; ensuite, l'efficacité en conditions réelles, ou tout simplement l'efficience. Dans le cas spécifique des interventions nutritionnelles éducatives, on cherche généralement à substituer un comportement favorable à un comportement inadéquat, et l'efficacité de l'intervention dépend d'abord de ce changement de comportement, dès lors que l'efficacité biologique de l'aliment a été préalablement vérifiée.

Le travail très intéressant de Pee et ses collaborateurs (7) a tenté d'évaluer les résultats de différentes interventions sur la base de critères davantage orientés vers la

recherche. En cela, il diffère d'autres revues ayant davantage privilégiés les aspects opérationnels des interventions et les moyens de les améliorer.

Par les critiques systématiques faites sur la série des publications retenues dans son étude, de Pee a fait une contribution méthodologique importante pour la mise en place des protocoles d'intervention et d'évaluation des programmes à assise alimentaire. Les études concernées comprenaient aussi bien des études transversales, des études cas témoins, des interventions communautaires dans des populations carencées que des études réalisées dans des populations non carencées mais exposées à des risques de maladies chroniques. Il en ressort que beaucoup d'interventions souffrent de faiblesse au plan méthodologique, en termes d'effectifs et de leur rétention, de groupes témoins inadéquats ou inexistant, de la constitution des groupes de traitement et des aliments servis dans les groupes sous traitement. Compte tenu des données disponibles, de Pee et al recommandaient la mise en œuvre d'autres études mieux conçues pour tester l'efficacité réelle du β -carotène de divers aliments, tout en estimant très douteuse l'élimination des carences par ces aliments riches en β -carotènes.

Les deux revues plus récentes donnent une vision plus optimiste des approches alimentaires (180, 183), même si les failles méthodologiques évoquées par de Pee sont réitérées. La qualité des protocoles devrait, à notre avis, être considérée en ayant à l'esprit la particularité et la complexité de l'évaluation des interventions à assise alimentaire à l'échelle des populations. Tout en reconnaissant la valeur des essais contrôlés, il faut reconnaître qu'il serait difficile de les mettre en œuvre dans le contexte d'une intervention alimentaire, lorsqu'on souhaite évaluer l'efficacité d'une intervention en conditions réelles, au-delà de la seule démonstration de l'efficacité biologique. Dans un article consacré à ces aspects conceptuels de l'évaluation des interventions de santé publique, Habicht propose ainsi une réflexion poussée sur l'adéquation entre les objectifs, les ressources et le devis d'une évaluation (196). Selon lui, l'utilisation de groupes témoins ou de protocoles en double aveugle qui ne sont des garanties de fiabilité que si la rigueur a été observée par ailleurs, doit être en rapport avec le niveau de confiance souhaité et le type d'inférence à faire. Il est par contre impératif que les conclusions tirées soient conformes aux schémas

d'évaluation. Il distingue différents types d'évaluation, allant de l'adéquation pour laquelle on compare les résultats à des niveaux attendus et prédéfinis à l'évaluation probabiliste qui cherche à démontrer que les résultats obtenus ne sont pas dus au hasard ou à un autre facteur extérieur à l'intervention. Dans le cas d'une étude pré/post dans laquelle une évaluation du type probabiliste n'est pas indispensable pour tirer des conclusions sur les changements intervenus, Habicht considère la possibilité de constituer un groupe témoin à postériorité, dit opportuniste ou interne. Cette opinion a été soutenue par de Pee, qui considère que l'évolution simultanée et cohérente des différents facteurs médiateurs d'une intervention, ainsi que les associations entre ces médiateurs permettent de fournir la preuve de l'efficacité de l'intervention (181), comme ce fut le cas dans le programme de marketing social pour la consommation des œufs et des feuilles vertes en Indonésie (197). Comme il est très souvent difficile de trouver des communautés suffisamment comparables aux groupes exposés à l'intervention pour servir de témoin sans risque de contamination, des données trimestrielles du système national de surveillance nutritionnelle avaient été utilisées en Indonésie pour servir de données de groupe témoin (181).

1.5.3. Données sur l'impact des approches de diversification alimentaire et d'enrichissement

Les travaux rapportant l'évaluation d'interventions à assise alimentaire comme les articles de revue sur ces interventions (180, 182-184) montrent des résultats qui sont en général encourageants. Les données disponibles montrent qu'il y a aujourd'hui une évidence suffisante pour affirmer l'efficacité des approches alimentaires dans la lutte contre la carence en vitamine A. Qu'il s'agisse d'essais contrôlés testant l'efficacité de β -carotènes incorporés dans des aliments ou des tests utilisant des caroténoïdes alimentaires ou encore de programme ou de projets, les résultats tendent à confirmer un effet positif sur le statut en vitamine A des sujets. La diversité des groupes d'âge soumis à l'étude associée à la pluralité des zones géographiques et des protocoles d'évaluation constituent un argument de poids quant à l'efficacité de ces approches, comparativement aux insuffisances méthodologiques dont le rôle aurait été

prédominant dans des évaluations de type probabiliste. Si les modèles d'analyse statistique sont pertinents pour distinguer les événements dus au hasard de ceux attribuables à l'intervention, on se rend bien compte également que tous les facteurs ne peuvent pas toujours être pris en compte par ces modèles.

Cependant, on peut se demander si ces résultats sont extrapolables dans le contexte de vie normale des populations, notamment parce que dans la quasi-totalité des interventions rapportées les aliments sont fournis gratuitement.

L'impact des approches alimentaires peut être abordé en distinguant les essais, les projets et les programmes. Les approches utilisant l'HPR seront abordées plus loin dans un chapitre distinct.

1.5.3.1. Impact des approches de diversification alimentaire

Nous avons déjà fait état de l'impact des essais dans les sections consacrées à la bio-efficacité des caroténoïdes et aux facteurs influençant cette bio-efficacité, car il s'agit principalement d'études testant l'efficacité soit du β -carotène incorporé dans un aliment, soit l'efficacité de sources végétales de caroténoïdes, notamment les légumes, feuilles vertes et fruits orangés. Nous aborderons ici quelques approches de projets ou de programmes avant de présenter quelques résultats obtenus avec les aliments enrichis.

Des interventions à grande échelle ont été mises en œuvre sous forme de projets ou de programmes dans différents contextes.

Au Kenya, l'on s'est engagé dans la promotion de la consommation de patates douces à chair orangée (198). Les semences de cette nouvelle variété riche en β -carotène ont été distribuées dans des villages. Tous les villages ont été incités à produire la variété de patates douces à chair orangée, mais ils ont été ensuite randomisés pour recevoir ou non un programme de promotion. La promotion a consisté en de l'éducation nutritionnelle et une formation sur les méthodes de transformation des patates. Les possibilités de vente des patates, en sus de la consommation, ont été explorées avec les femmes. Différents messages ont été développés pour l'éducation nutritionnelle.

Malgré la forte sécheresse qui a frappé cette région au moment de l'intervention, le score de consommation calculé selon la méthode proposée par Helen Keller International, est passé dans un des villages de 4,2 à 5,8 après l'intervention. Cependant un aspect fondamental dans cette intervention est assurément la recherche formative réalisée avant le début du projet, qui a permis de mieux connaître le groupe cible les facteurs importants, notamment les obstacles à prendre en compte. Cet aspect a sans doute été capital dans le succès du programme.

Dans un autre programme en Thaïlande (199), les auteurs cherchaient à renforcer des changements comportementaux déjà amorcés lors d'un programme antérieur. En effet, trois ans durant, un programme antérieur de marketing social dirigé vers les femmes avait enregistré des résultats positifs quant aux Connaissances - Attitudes - Pratiques (CAP) et à la consommation d'aliments sources de VA, ce qui avait contribué à augmenter les apports en vitamine A. L'étude a touché quatre districts d'interventions (et quatre districts témoins) comptant 354 enfants de 2 à 5 ans, des jeunes filles de 10 à 13 ans, des femmes enceintes et d'autres allaitantes. Dans les districts témoins, les femmes leaders identifiées lors de la phase pilote ont développé et mis en œuvre des interventions communautaires visant à augmenter la production et la consommation des aliments riches en VA et des campagnes d'éducation nutritionnelle dans les écoles. Les résultats ont montré un accroissement des apports dans tous les groupes, ainsi qu'une hausse significative de la rétinolémie de 0,79 $\mu\text{mol/l}$ à 1,18 $\mu\text{mol/l}$ chez les filles des districts d'intervention, alors que celles des districts témoins n'ont évolué que de 0,92 $\mu\text{mol/l}$ à 1,04 $\mu\text{mol/l}$. Il est important de noter dans ce projet la recherche formative initiale, très importante, puis l'identification des leaders suivie de la formation des femmes leaders.

L'approche marketing social proprement dit était basée avant tout sur une bonne connaissance de la population cible, et qui peut amener à procéder à sa segmentation. Le choix d'un positionnement adéquat pour le produit à promouvoir, ainsi que l'utilisation adéquate des réseaux de communication convenables aux populations sont des principes importants à respecter. Les messages, élaborés en accord avec les

femmes leaders, contiennent des informations sur la nutrition, la santé et le développement. Ces informations ont été diffusées à travers des émissions radio journalières et des panneaux communautaires. Des campagnes d'éducation nutritionnelle scolaires prévoyaient des messages incorporés lors des classes, orientées vers les jeunes filles de 10 à 13 ans. On pourrait aussi considérer que la durée de l'intervention a été un facteur positif pour les résultats obtenus car même si le projet en lui-même n'a duré que deux années, le projet antérieur de marketing social était de trois ans. A notre avis, la période totale de ces deux interventions consécutives, l'une s'appuyant sur les acquis de l'autre, a certainement représenté un des éléments de succès.

D'autres approches de diversification ont été testées, incluant les jardins familiaux ou scolaires, l'éducation nutritionnelle (200), l'enrichissement d'aliment à aliment (201) et les techniques de séchage ou de conservation de fruits et légumes. Toutefois, le faible nombre de projets dont l'impact a été adéquatement évalué amène à une sous-estimation des initiatives alimentaires pour l'amélioration du statut en VA.

L'exemple d'un projet de jardinage en Inde montre bien, que même si l'impact de ce type d'intervention sur le statut est parfois difficile à mettre en évidence, cela est possible. A la suite d'un projet pilote dans quatre villages, l'on a développé avec l'appui de la FAO un projet de jardinage familial dans 30 villages (202). Un total de 1500 ménages étaient impliqués dans ce programme, et parmi eux, 77% avaient des apports inadéquats en VA et 15% des enfants de moins de 5 ans avaient la cécité nocturne. Un programme d'éducation nutritionnelle était associée à cette initiative, de même que la formation aux techniques de production, et de conservation des semences. Malgré l'absence de groupe témoin, l'évaluation a conclu au succès de l'intervention, la prévalence initiale de cécité nocturne des enfants étant passée à 5% et les connaissances des femmes s'étant améliorées.

1.5.3.2. Impact de la stratégie d'enrichissement en VA

L'efficacité des aliments enrichis en VA a été bien documentée. On distingue l'enrichissement d'aliment.

Au Vietnam, un essai contrôlé incluant 185 enfants d'âge préscolaire a testé l'effet de la consommation du fruit du Gac (*Momordica cochinchinensis*) sur le rétinol sérique (105). Ces enfants avaient été aléatoirement répartis en trois groupes: un groupe témoin recevant du riz, un groupe qui recevait le même riz, mais en mélange avec le fruit du gac apportant 3,5 mg de β carotène par repas), puis un troisième groupe pour lequel le riz était mélangé à du β -carotène synthétique en poudre apportant 5,0 mg de β -carotène par repas. Ces traitements ont duré 30 jours. Les résultats ont montré un accroissement du rétinol sérique moyen était significativement supérieur dans le groupe traité aux fruits, comparativement aux deux autres. Chez les enfants qui avaient une teneur en hémoglobine inférieure à 110 mg/L, on a noté une augmentation de l'hémoglobine qui était similaire dans les groupes traités, mais supérieure au groupe témoin. La supplémentation régulière par le fruit du gac aurait donc un effet positif sur le rétinol sérique, mais il semble également être bénéfique chez les enfants anémiés sur leur teneur en hémoglobine.

En Afrique, l'enrichissement de la farine de manioc par l'huile de palme rouge a été testé en Tanzanie (121). Cette approche qui correspond à une stratégie d'enrichissement d'aliment à aliment. Elle est basée sur la farine de manioc enrichie à l'HPR, dont on fait la promotion dans des villages d'intervention. Dans ce programme, un premier aspect positif est que l'aliment vecteur est bien connu, produit et consommé déjà par les populations. Les femmes ont participé en apportant une partie du manioc et en étant impliquées aux opérations d'enrichissement. Un programme d'éducation nutritionnelle sur l'importance de la VA pour la vue était réalisé deux fois par semaine, puis une fois après les trois premiers mois. Calendriers, dépliants, posters ont été préparés et distribués, et des séances de démonstration sur l'enrichissement de la farine ont été faites au début. Ces démonstrations ont permis aux femmes des villages d'intervention de continuer à domicile l'enrichissement de leur farine, avec l'aide d'un agent vulgarisateur. Aucune information n'a été donnée

sur le nombre et le contenu des messages, mais au vingtième mois, la plupart des mères avaient adopté l'innovation et préparaient la farine fortifiée à domicile. L'impact en termes de statut en vitamine A a été trouvé positif, comparativement à des villages témoins non exposés à la promotion de la farine enrichie à l'HPR.

Lorsque l'enrichissement est bien conduit, il peut représenter une contribution importante dans les apports journaliers, comme c'est le cas aux USA. Se basant sur des données statistiques des aliments enrichis entre 1989 et 1991, on a pu calculer que la consommation des aliments enrichis augmentait les apports de tous les nutriments aux USA, sauf le calcium. Pour la vitamine A, les apports médians de VA chez les enfants sont passés de 70% des apports recommandés à 85% grâce aux aliments enrichis (191).

Au Guatemala, des chercheurs ont trouvé que chez des enfants de 21 mois de quartiers défavorisés urbains, 87% en moyenne des apports en VA provenait de 10 aliments, et 55% des apports totaux étaient fournis par trois aliments enrichis(203).

L'efficacité d'une farine de blé enrichie en VA (permettant un apport journalier de 133 μg EAR), a été testé aux Philippines. Après 30 semaines, on a trouvé que la proportion des enfants à réserves inadéquates était deux fois moins élevée chez les enfants ayant consommé l'aliment enrichi que chez ceux qui ne l'ont pas consommé (204).

On a aussi comparé le rapport efficacité/coût du programme national de supplémentation à celui d'un programme hypothétique d'enrichissement des aliments aux Philippines. Les auteurs sont parvenus à la conclusion en utilisant un seuil d'apport de VA de 70% des apports recommandés comme indicateur de l'efficacité du programme d'enrichissement, que celui-ci présentait une meilleure efficacité que le programme de supplémentation (205). Ils estiment cependant que compte tenu des modèles de consommation alimentaire du pays, la mise en oeuvre de ce seul

programme d'enrichissement exposerait 29% des enfants de 12 à 59 mois à un risque d'apport inadéquat.

D'autres données comparant le rapport coût/efficacité de la supplémentation, de l'enrichissement et de l'alimentation complémentaire sont fournies par la Banque Mondiale, sur la base de données disponibles. Deux critères de coût/efficacité ont été considérés, à savoir le coût par décès évité, et le coût par année de vie sauvée et corrigée d'invalidité (AVCI) (206). Les résultats sont présentés dans le tableau IV ci-dessous. On y voit que la supplémentation présente le rapport coût efficacité le plus intéressant, avec un coût quatre fois moins élevé que l'enrichissement. Cependant, le rapport ne dit pas si ces coûts tiennent compte de la durée d'effet de chaque intervention ainsi que de l'importance du groupe cible. En outre, les bienfaits nutritionnels dépassant le simple statut en VA ne sont pas pris en compte dans le rapport coût-efficacité du programme d'alimentation complémentaire.

Tableau IV: Coût efficacité comparé de trois interventions nutritionnelles

	Groupe cible	Coût par décès évité en \$ US	Coût par AVCI épargnée en \$ US
Supplémentation	Enfants de moins de 5 ans	5	1
Enrichissement Alimentation complémentaire	Toute la population Enfants de moins de 5 ans	154 1942	4 63

Source: (206)

Malgré ces résultats positifs, l'introduction de l'enrichissement dans les pays africains en est encore au stade des études de faisabilité. Les pays se trouvent toutefois à des niveaux différents de mise en place du processus d'enrichissement. Les pays de l'Afrique centrale et du sud (Zambie, Kenya, Nigéria) semblent avoir pris de l'avance sur ceux de l'Afrique occidentale. Dans cette zone, les études de faisabilité nutritionnelle ont permis de proposer une liste d'aliments vecteurs répondant aux critères de consommation, de dose efficace et dose de sécurité (188, 189, 207).

1.5.4. Conclusion sur les stratégies d'intervention alimentaire contre la carence en vitamine A

Il convient de reconnaître l'importance des approches basées sur les apports de provitamine A d'origine végétale pour les populations des pays pauvres (62, 208), tant les sources animales sont d'accès réduit. La disponibilité des légumes, feuilles vertes et fruits n'est pas un handicap car les avancées technologiques permettent d'accroître les productions et d'organiser des transferts vers d'autres régions ou d'autres saisons.

De plus, il y a certainement des sources végétales sauvages, non encore connues ou insuffisamment exploitées. En Mauritanie, deux plantes résistantes à la sécheresse ont été identifiées (209), tandis qu'au Brésil la forte concentration en caroténoïdes (4100 μg EAR /100g) du fruit du palmier sauvage "buriti" (*Mauritia vinifera*) a été rapportée (210).

Même si la bio-efficacité des sources végétales de VA est très variable, la diversité d'aliments est telle qu'elle offre la possibilité de combinaisons multiples et d'alternance selon les régions et les saisons. Parmi toutes ces sources de provitamine A, il faut reconnaître que l'huile de palme rouge détient les meilleures chances en terme d'utilisation comme de stratégie de lutte, mais cela doit être associé à la promotion d'autres sources de VA, notamment sous la forme de programmes de développement de jardins et de petit élevage auxquels on associerait l'accès à de petits crédits aux femmes.

1. 6. L'HUILE DE PALME ROUGE COMME SOURCE DE VITAMINE A

L'huile de palme rouge est extraite du palmier à huile, une plante pérenne dont l'origine africaine est généralement acceptée. La signification étymologique du nom du palmier à huile trouvé en Afrique, *Elaeis guinéensis*, indique que la plante a des fruits en forme d'olive et proviendrait du Golfe de Guinée (211).

1. 6.1. Données botaniques et agronomiques sur le palmier à huile

Deux espèces de palmier à huile sont connues dans le monde, la première *Elaeis guineensis* en Afrique, la deuxième de la région amazonienne étant *Elaeis oleifera*. L'espèce *E. guineensis* comporte trois variétés qui diffèrent par l'épaisseur de la coque des noix de palme : *dura*, *tenera* et *pisifera* (212)

La plante se développe dans les zones de forêt partiellement éclaircies, tout au long des rivières. La zone de production est située entre les latitudes 10° nord et 10° sud, dans la zone ouest africaine. La plante exige un climat tropical avec une pluviométrie

minimale de 150 mm par mois pour couvrir l'évapotranspiration , préférablement tout au long de l'année.

Le palmier à huile se place parmi les plus productives de toutes les plantes produisant des huiles comestibles. Sa production d'huile par are et par année est de 1500 Kg, alors que les rendements respectifs de production de coco, d'arachide et de soja sont de 509 Kg , 354 Kg et 20 Kg par are et par année (212)

La Malaisie dispose au monde des plus grandes plantations de palmier à huile; la production d'huile de palme dans ce pays est extrêmement élevée mais elle est principalement destinée à l'exportation. En Afrique, de nombreux pays, mais particulièrement le Nigéria, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, le Bénin et le Togo disposent également de grandes plantations et produisent de fortes quantités d'huile destinée à la consommation locale et à l'exportation.

Au Burkina, la région Sud -Ouest du pays constitue la zone de production de l'huile de palme. Les provinces du Kéné Dougou (Orodara) et de la Comoé (Banfora) disposent de plantations d'huile de palme qui sont exploitées par les populations. Les modalités de production ainsi que les niveaux et le potentiel de production de l'huile de palme ont été explorés récemment (213)

1. 6.2. L'Huile de Palme Rouge

L'huile de palme rouge est l'appellation utilisée pour désigner l'huile de palme extraite traditionnellement, sans aucune autre transformation. L'appellation "huile de palme non raffinée" conviendrait également, afin de la distinguer des huiles de palme produites par raffinage au niveau industriel. On remarquera que les deux termes sont utilisés indistinctement dans ce document.

1.6.2.1. Profil lipidique et teneur en caroténoïdes

L'huile de palme est extraite des fruits du palmier à huile, selon des étapes de production incluant la cuisson des fruits, leur malaxage/épulpage, la séparation des produits, la récupération et le séchage de l'huile. Elle a une densité de 0,895 à 0,900 à 40°C et un point de fusion variant entre 27 et 45°C.

L'HPR est, comme toutes les huiles, une source d'énergie concentrée et intéressante, surtout pour des populations exposées à l'insécurité alimentaire, qui consomment des régimes alimentaires à faible taux de calories lipidiques. Elle constituerait l'une des huiles de cuisine les plus répandues d'Afrique occidentale et centrale (214) et d'Asie du Sud-Est (215). La bonne stabilité à la température et à l'oxydation de l'oléine (fraction liquide de l'HPR) de palme raffinée et désodorisée la rend indiquée pour les fritures (211, 216). La stéarine, fraction solide, est utilisée dans la composition des phases grasses dans les boulangeries, pâtisseries et margarineries (211, 216).

L'huile de palme rouge se compose essentiellement de glycérides et d'acides gras libres qui représentent les constituants majeurs, et d'autre part de composants mineurs parmi lesquels les caroténoïdes, les tocophérols, les stérols, des alcools triterpène et des xanthophylles (217, 218)]. Sur 100 g d'huile de palme, les triglycérides représentent 94,3 %, les acides gras libres 3,2% et les composants mineurs ou matière insaponifiable 0,5% (212).

La composition en acides gras de l'huile de palme brute selon différentes sources est donnée en pourcentage dans le tableau V.

Tableau V: Profil en acides gras de l'huile de palme

Acides gras	Malaisie ¹	Papouasie Nlle Guinée ²	Nigéria ³
Acide laurique (C12 :0)	0,1	0	0,1
Acide myristique (C14 :0)	1,0	1,0	1,1
Acide palmitique (C16 :0)	43,7	48,8	44,0
Acide palmitoléique (C16 :1)	0,1	-	-
Acide stéarique (C18 :0)	4,4	2,5	4,6
Acide oléique (C18 :1)	39,9	35,5	39,8
Acide linoléique (C18 :2)	10,3	12,2	9,8
Acide linoléique (C18 :3)	0,4	-	0,2

¹ Moyenne de 215 échantillons malaysiens (Chin et al, 1980, in (212))

² Nombre d'échantillons non précisé (Harissons and Crosfield, 1974, in (212))

³ Nombre d'échantillons non précisé (217)

L'HPR est essentiellement composée d'acide palmitique et d'acide oléique. Ces deux acides gras sont présents à des pourcentages plus ou moins équivalents. L'HPR d'origine malaysienne contient environ 50 % d'acides gras saturés, 40% de monoinsaturés, et 10% de polyinsaturés (219). Elle contient également de l'acide linoléique, et sa teneur en acide oléique est similaire à celle de l'huile d'olive. La teneur en acides gras saturés est donc néanmoins élevée, mais il s'agit d'une huile beaucoup moins saturée que l'huile de noix palmiste qui est saturée à plus de 80% (220). L'huile de palmiste est souvent confondue à l'huile de palme. Cette huile est obtenue par extraction à partir des amandes de palme alors que l'huile de palme provient de la pulpe. Le tableau VI donne les profils comparés des acides gras dans l'huile de palme et dans l'huile de palmiste. Sur ce plan, les deux huiles végétales se distinguent par la plus forte teneur de l'huile de palme en acide palmitique (41% contre 6%), en acide oléique (42% contre 16%) et en acide linoléique (10% contre

1%). L'huile de palme tirerait d'ailleurs son nom de sa teneur en acide palmitique (215). L'huile de palme est donc plus riche en acides gras polyinsaturés que l'huile de palmiste, et est également moins saturée que l'huile de palmiste.

Tableau VI. Composition en acide gras de l'huile de palme et de l'huile de noix palmiste

Huile de palme		Huile de noix de palmiste	
Acides gras	Composition (%)	Acides gras	Composition (%)
Saturés :		Saturés :	
		Acide caprylique	3,0
		Acide caprique	6,0
		Acide laurique	50,0
Acide myristique	2,3	Acide myristique	16,0
Acide palmitique	41,2	Acide palmitique	6,5
Acide stéarique	4,3	Acide stéarique	1,0
Insaturés :		Insaturés :	
Acide linoléique	9,6		1,0
Acide oléique	42,5	ACIDE LINOLEIQUE	16,5
		Acide oléique	

Source : Asiedu, 1991

Parmi les constituants mineurs de l'huile de palme rouge, on trouve également les tocophérols et des tocotriénols à des concentrations allant de 600 à 1000 $\mu\text{g/g}$. La teneur de la vitamine E seule est d'environ 600 $\mu\text{g/g}$ (221). Ces tocophérols dont l'activité anti-oxydante est bien connue, pourraient représenter un avantage supplémentaire car ils renforcent les caroténoïdes de l'HPR pour lutter contre les affections chroniques dégénératives. En effet, il est reconnu que les processus oxydatifs jouent un rôle important dans de nombreuses maladies chroniques. Les radicaux libres peuvent endommager des grosses molécules, dont l'ADN, des protéines et des lipides et ainsi contribuer à la carcinogénèse (222), et l'oxydation des LDL représente aussi une étape importante dans la pathogénèse de l'athérosclérose.

En Côte-d'Ivoire, Clerc (1999) (223) a observé une prévalence du cancer du foie plus élevée dans les régions où la consommation en huile de palme était faible par rapport à la région où elle était fortement consommée. L'auteur estime que cela est associé aux apports par l'HPR d'anti-oxydants, mais cette hypothèse reste à être vérifiée. Elle tend à être confirmée par des études interventionnelles, notamment par son effet inhibiteur sur le développement et l'incidence du cancer du sein expérimentalement induit chez des rats (224, 225).

Les études d'alimentation humaines et les données épidémiologiques ont prouvé que l'huile de palme ou d'oléine de palme n'ont pas d'effet hypocholestérolémiant lorsqu'on les compare aux huiles d'olive, de canola ou d'arachide (226-229) et qu'elle développe plutôt un effet hypocholestérolémiant chez l'homme (14).

La teneur en caroténoïdes totaux de l'huile de palme est généralement élevée. Les valeurs des caroténoïdes totaux rapportées par différents auteurs vont de 500 à 700 μg par g suivant les espèces, toutefois une teneur de 4347 μg par g a été rapportée pour *Elaeis oleifera* d'Afrique du sud (212), alors que les variétés croisées entre *E. guineensis* et *E. oleifera* présenteraient une teneur intermédiaire, de l'ordre de 1200 à 1400 μg par g.

Les caroténoïdes majeurs de l'HPR sont représentés par le β -carotène et l' α -carotène avec des proportions respectives de 47,4% et 37% (219). D'autres caroténoïdes se trouvent en plus faible proportion. Parmi eux, certains ne présentent pas d'activité provitaminique A, notamment le lycopène, la lutéine, la zéaxanthine. Les teneurs sont données au tableau VII.

Tableau VII: Teneurs en caroténoïdes d'HPR de différentes sources (nombre d'échantillon non précisé dans les sources)

Caroténoïdes	(219)	(230)
Carotènes totaux ($\mu\text{g} / \text{g}$)	630-700	888,9
Carotènes provitamines A (EBC/ g) ²	488	723,9
<i>Trans</i> β -Carotène(%)	47,4	64,8
<i>Cis</i> β -Carotène(%)	0,8	-
<i>Trans</i> α -Carotène(%)	37	33,3
<i>Cis</i> α Carotène (%)	6,9	-
Lycopène (%)	1,5	1,9
Lutéine et zéaxanthine (%)	-	-
β -cryptoxanthine (%)	-	traces

- Données non précisées

¹ Les valeurs totales ont été calculées à partir des valeurs des caroténoïdes pour lesquelles des teneurs ont été données, et les pourcentages recalculés

² Exprimé en Equivalent β -Carotènes (EBC)

1.6.2.2. Situation de la production de l'huile de palme rouge au Burkina Faso

La production d'HPR au Burkina a fait l'objet d'une étude récente (213). Cette étude a permis de documenter les étapes de production de l'huile de palme rouge dans les villages du Sud Ouest du pays. Celles ci mènent cette activité en marge de leurs occupations principales, soit à titre individuel, soit dans le cadre de groupements villageois.

Les étapes détaillées de la fabrication de l'HPR au Burkina sont données en annexe. Ces étapes correspondent à celles connues et mises en oeuvre par les femmes dans les

pays africains producteurs. Bien que présentant des variantes d'une région à une autre, treize étapes peuvent être décrites (231) de la cueillette au conditionnement, mais les étapes suivantes se retrouvent dans les documents traitant de l'extraction traditionnelle de l'huile de palme (212, 231): 1) L'Égrappage, 2) la cuisson des noix, 3) le pilage, 4) pressage, 5) barbotage des noix et des tourteaux dans l'eau, 6) cuisson du mélange eau et huile, 7) décantage et 8) cuisson finale pour faire évaporer l'eau résiduelle.

Ces procédés traditionnels de fabrication de l'huile de palme ont un rendement faible, inférieur à 50% et exigent à la fois beaucoup de temps et de main-d'œuvre (232). Il existe plusieurs méthodes améliorées qui ont été développées pour l'extraction de l'huile palme destinée à la consommation alimentaire. Ces méthodes visent habituellement à alléger la charge de travail des femmes, à augmenter le rendement et à améliorer la qualité de l'huile. Pour cela, les presses et d'autres appareils ont été développés pour faciliter la stérilisation, l'égrappage et la clarification de l'huile.

1.6.2.3. Salubrité et conservation de l'huile de palme rouge

Le contrôle de la qualité des huiles alimentaires porte généralement sur les caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et organoleptiques, auxquelles a été ajoutée la teneur en caroténoïdes dans cette étude. Une variété de paramètres physico-chimiques tels que les teneurs en acides gras libres, les impuretés et le taux d'humidité peuvent servir à définir la qualité de l'huile végétale (233, 234). Les analyses effectuées pour évaluer la qualité de l'HPR utilisée dans le projet pilote au Burkina, ainsi que le protocole et les techniques analytiques ont fait l'objet deux mémoires, l'un pour l'obtention de la Maîtrise en Sciences et Techniques de l'université de Ouagadougou et l'autre pour l'obtention du M.Sc. de Nutrition de l'Université de Montréal (235).

Les échantillons d'HPR soumis aux analyses ont été prélevés à partir d'un même lot à son arrivée à Ouagadougou, pour déterminer les indices physico-chimiques, bactériologiques et nutritionnels initiaux. Puis un protocole d'échantillonnage a été

mis en place pour évaluer l'évolution des paramètres de l'huile en stockage selon la durée de stockage et le type de contenant. De même un plan de prélèvement a été utilisé pour évaluer les changements des indicateurs de qualité de l'huile placée pour la vente auprès de villageoises de trois sites d'intervention. Les résultats montrent que les paramètres de l'HPR à son arrivée étaient acceptables.

En effet, le taux d'humidité initial était de $0,43 \pm 0,0$ %. Au cours du stockage, ce taux est passé à $0,44 \pm 0,02$ % en deux mois, quel que soit le type de contenant. En revanche, sur les points de vente, l'humidité est passée de 0,43 % au début pour atteindre $0,67 \pm 0,04$ % à la quatrième semaine. Ces niveaux d'humidité sont comparables aux valeurs rapportées pour l'huile de palme de pays voisins, notamment au Nigéria où l'on a trouvé un taux de $0,28 \pm 0,64$ % pour une huile artisanale fraîche (236) et au Bénin, où l'humidité relative serait de l'ordre de $0,31 \pm 0,17$ %³. De même l'humidité trouvée pour l'huile produite au Burkina, à l'exception de celles ayant évolué pendant 4 semaines sur les points de vente, est conforme selon le seuil de qualité de l'équipe américaine EMU, fixé à 0,50% (237). En revanche, cette huile serait mal classée selon les standards malaysiens appliqués aux huiles de palme destinées à l'exportation qui fixe le seuil à 0,25% (238).

L'acidité de l'huile, $5,5 \pm 0,01$ g au début, est passée à $6,0 \pm 0,4$ g en deux mois en condition de stockage, et à plus de 6,0 sur les points de vente en détail. Des valeurs plus élevées ont été trouvées au Bénin où l'huile brute artisanale et fraîchement produite présentait une acidité de $8,3 \pm 2,8$ g³. D'autres auteurs ont relevé au Nigéria que l'huile conservée à l'obscurité dans des bidons plastiques a connu une augmentation de l'acidité d'environ 3 à 30% en dix semaines (239). On a pu estimer à 5,6%, le niveau d'acidité qui correspond à des qualités organoleptiques (goût essentiellement) jugées acceptables par les femmes d'une communauté rurale au Nigéria (240). Selon une étude conduite au Nigéria, les conditions de production auraient des conséquences sur la qualité de l'huile (241).

Au plan microbiologique, les résultats montrent que la flore mésophile satisfait aux normes, puisqu'on a dénombré au début $5,0.10^3$ ufc/ml. Cette flore est restée

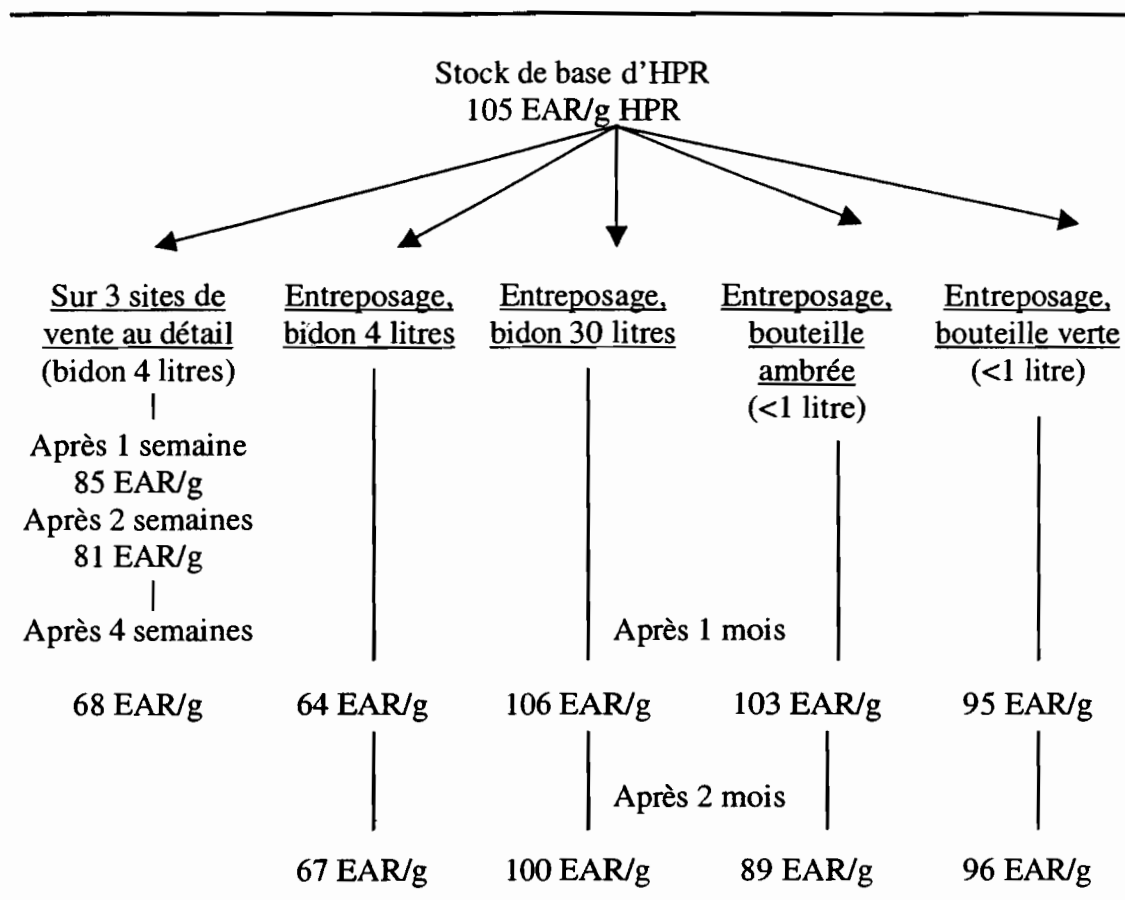
³ Casadei E. Document d'archives. Données non publiées, 1978

pratiquement stable en conditions de stockage alors qu'elle s'est accru au niveau des points de vente pour atteindre $15,5 \pm 1,6 \cdot 10^3$ ufc/ml. On n'a trouvé de germes fécaux (*E. coli*) que dans un seul des points de vente.

L'étude s'est aussi intéressée à vérifier la présence d'aflatoxines. Les analyses faites par chromatographie sur couches minces n'ont pas trouvé d'aflatoxines au niveau des seuils de détection. Ces seuils sont fixés à une partie par billion pour les aflatoxines B1 et G1, et à 0,25 ppb pour les aflatoxines B2 et G2, alors que la concentration dans les aliments qui est jugée dangereuse serait de 20 ppb (242).

Sur le plan nutritionnel, les analyses par HPLC ont révélé une teneur moyenne de l'huile à l'arrivée de $105 \mu\text{g EAR/g}$. Il ne semble pas y avoir de déperdition sensible de β -carotène lors du stockage, car la teneur retrouvée après deux mois de conservation dans les différents contenants se situe à $100 \mu\text{g EAR/g}$, à l'exception d'un seul contenant, pour lequel la teneur était de $67 \mu\text{g EAR/g}$. En revanche, on a observé une certaine perte de l'activité vitaminique de l'huile sur les points de vente, la teneur initiale ayant baissé à $68 \mu\text{g EAR/g}$ en quatre semaines. La figure 3 présente l'évolution des teneurs d'HPR en conditions de vente aux détails et au cours du stockage.

Figure 3: Activité vitaminique A d'échantillons d'HPR du Burkina, analysés à Ouagadougou (n=20)



Ces données sont assez comparables à celles relatives à la stabilité de la vitamine A dans des produits enrichis et publiées par SUSTAIN⁴. En effet, il semble que des huiles de soja enrichies en VA et contenues dans des contenants opaques à 18°C conservent 95 à 100% de la VA après trois mois, puis 90 à 95% après six mois.

⁴ SUSTAIN (Sharing United States Technology to Aid in the Improvement of Nutrition). Vitamin A Fortification of P.L. 480 Vegetable Oil". 1998

1.6.3. Efficacité des interventions utilisant l'HPR comme source de VA

La forte teneur et la bio-disponibilité des carotènes de l'HPR font d'elle une bonne source de VA d'origine végétale. Depuis les résultats publiés par Rukmini (110), on a de plus en plus de preuves de l'efficacité biologique de l'huile de palme rouge comme source de vitamine A. Ces travaux avaient porté sur 24 enfants de 7 à 9 ans, chez qui l'on avait mesuré avant et après 60 jours de supplémentation à l'huile de palme rouge, le niveau du rétinol sérique et celui des réserves hépatiques par la RDR. Les enfants avaient été répartis en 2 groupes, l'un recevant du rétinol et l'autre de l'HPR incorporée dans un goûter. Les résultats ont montré un accroissement significatif du rétinol sérique d'environ 100% dans les deux groupes, et une amélioration significative du niveau des réserves hépatiques de rétinol. Il faut toutefois noter que la répartition des enfants dans les deux groupes n'avait pas été réalisée de manière aléatoire.

En Inde, 36 enfants de la même tranche d'âge (7-9 ans) ont été aléatoirement assignés dans trois groupes (243). Le premier groupe a reçu une seule mégadose de 50 000 UI de rétinol (15 000 μg EAR); le deuxième groupe a reçu 4 g d'HPR chaque jour pendant 15 jours, équivalent à 25 000 UI de rétinol (7500 μg EAR), sous la forme d'un goûter, et le dernier groupe, 8 g d'HPR correspondant à 15 000 μg EAR. Les analyses biochimiques réalisées chez ces enfants ont révélé que le rétinol sérique était amélioré de façon significative dans les trois groupes après 15 jours, comparativement à leur niveau initial. Trois mois après le début de la supplémentation, les niveaux de rétinol sérique étaient toujours plus élevés que les niveaux initiaux. Le niveau de rétinol sérique était alors plus élevé dans le dernier groupe ayant reçu 8 g d'HPR (50 000 UI vit A) par jour pendant 15 jours que dans celui ayant reçu 4 g (25 000 UI vit A). De surcroît, il a été trouvé que trois mois après la fin de la supplémentation, les enfants ayant reçu 8 g d'HPR par jour avaient un niveau de rétinol sérique équivalent à celui des enfants ayant reçu la forte dose de

rétinol préformé. Ces résultats suggèrent qu'il est possible d'utiliser l'HPR, non seulement pour corriger une carence en vitamine A, mais aussi qu'à 8 g par jour, l'HPR est capable de maintenir à un niveau adéquat les réserves hépatiques.

Des résultats aussi encourageants ont été obtenus cette fois avec des enfants d'âge préscolaires, en Inde, selon un protocole incluant des groupes contrôles (109). Les enfants ont été aléatoirement assignés dans 6 groupes, dont deux recevaient quotidiennement de l'HPR apportant respectivement 400 μg EAR et 800 μg EAR, deux autres recevaient respectivement 400 μg EAR et 800 μg EAR de rétinyl palmitate et les deux derniers, 5 et 10 ml d'huile d'arachide pour servir de témoins. Après 7 mois d'essai, il a été trouvé que le statut en VA s'était nettement amélioré dans les 4 groupes sous traitement. En outre, les deux groupes d'HPR avaient des teneurs de rétinol sérique similaires, mais significativement plus élevées que les deux groupes de rétinyl palmitate.

Si on compare ces résultats à ceux obtenus par Mahapatra (243) on constate qu'à la différence de cette dernière, le groupe de 400 μg EAR est pratiquement équivalent à celui de 800 μg EAR. La différence du traitement appliqué dans ces deux études (500 μg EAR ou 1000 μg EAR pendant 15 jours contre 400 μg EAR ou 800 μg EAR pendant 7 mois) et l'âge des enfants soumis à ces traitements pourraient peut être expliquer ces résultats; par ailleurs, ils tendent à montrer qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser des doses massives, ce qui gagnerait à être confirmé par des essais utilisant de façon discontinue, des doses encore moins élevées sur une longue période, donc plus proches des conditions de consommation de l'HPR par les populations.

La consommation de biscuits enrichis en HPR, testée au cours de deux études, s'est montrée efficace. En effet, au cours d'une étude contrôlée et randomisée en zone rurale sud africaine, 265 enfants de 5 à 11 ans ont reçu des biscuits enrichis apportant un tiers des apports quotidiens recommandés de vitamine A sous forme d'huile de palme rouge, comparativement à deux autres groupes, l'un recevant les biscuits enrichis avec du β -carotène synthétique pur à la même concentration et l'autre des biscuits non enrichis pour servir de témoin (107). Les résultats ont montré au sixième

mois, un accroissement significatif de la rétinolémie dans les trois groupes, de même qu'une réduction de la proportion des enfants accusant une faible teneur en rétinol sérique. Cependant, les changements observés ne montraient aucune différence significative entre les 3 groupes, ce qui laissait penser à d'autres changements intervenus au cours de l'étude; de fait, la fin de l'étude avait été marquée par l'introduction dans le système alimentaire scolaire d'un apport quotidien en VA représentant 30% des apports recommandés, ce qui n'a pas permis d'établir l'effet réel des suppléments. L'auteur considère cependant que cette étude aura au moins permis de mettre en évidence la bonne acceptabilité du goût et de l'apparence des biscuits contenant de l'huile de palme rouge. Une étude très comparable a été reprise toujours chez des scolaires en Afrique du Sud, selon le même protocole mais avec un effectif plus important (437 enfants) pendant une durée moins longue et en évitant tout apport supplémentaire de vitamine A hors étude. Les résultats ont montré une amélioration des indicateurs dans les deux groupes supplémentés, contrairement au groupe témoin. Par ailleurs, aucune différence significative en terme d'efficacité n'a été observée entre le β -carotène synthétique et l'huile de palme rouge (108).

En Tanzanie, deux études ont contribué à démontrer l'efficacité de l'activité vitaminique A de l'HPR, incorporée dans des aliments. La première a vérifié l'effet de la consommation de farine de manioc enrichie avec de l'HPR sur le rétinol sérique, dans le cadre d'un programme alimentaire (121). Dans la zone de ce programme, 162 enfants de 6 à 72 mois ainsi que 68 femmes enceintes ou allaitantes ont été concernés par l'évaluation. La farine de manioc avait été enrichie à 40 % en poids, soit 480 μg EAR par gramme de mélange et offerte gratuitement aux femmes. Elles étaient sensibilisées et incitées à la préparation de plats familiaux avec cette farine. Il a été trouvé, chez tous les enfants des villages pilotes, une hausse significative de la concentration du rétinol sérique au cours des 9 premiers mois du programme. Au bout de 20 mois, on a relevé que la prévalence des faibles rétinolémies dans les villages d'intervention était abaissée à 5,5% - 9,8% alors qu'elle était encore de 58 à 60% dans les villages témoins. Le niveau moyen du rétinol plasmatique allait de 21,4 à 21,9 μg par dl alors qu'il était resté à des niveaux bas de 18,7 à 19,0 μg par dl dans les

villages témoins. Des résultats comparables ont été obtenus avec les femmes. Cependant, l'étude manque d'informations permettant de vérifier l'absence de biais dans ces résultats. La quantité de farine consommée par jour, la durée de la consommation au cours du programme, l'assignation des villages d'intervention et des villages témoins, les autres aliments consommés par les enfants et les femmes, les infections et infestations représentent des facteurs importants à prendre en compte.

La deuxième étude menée en Tanzanie concernait uniquement des femmes enceintes (244). Les chercheurs ont assigné 90 femmes au dernier trimestre de la grossesse dans trois groupes. Un groupe d'intervention recevait de l'HPR et le deuxième de l'huile de tournesol à utiliser pour leur préparation culinaire, tandis que le groupe témoin était encouragé à maintenir leur repas habituel comportant un aliment de base et des légumes feuilles. Les quantités nécessaires d'HPR et d'huile de tournesol ont été fournies aux ménages pendant les six mois de l'essai. Les résultats de l'essai suggèrent que la supplémentation des femmes enceintes avec de l'HPR accroît considérablement la concentration de l'alpha et du β -carotène dans le lait, mais sans accroissement du niveau de rétinol. Il n'y a pas non plus de retardement de la baisse du rétinol du lait maternel, baisse généralement observée durant le cours de la lactation. Cependant, il est ressorti une persistance du niveau du rétinol du lait dans le groupe ayant reçu de l'huile de tournesol. On pense que cette différence est due au fait que l'huile de tournesol contient plus d'antioxydants que l'HPR, et à la courte durée de la supplémentation, jugée insuffisante pour que l'HPR ait un effet similaire.

On le constate, l'HPR s'est montrée efficace dans diverses conditions d'utilisation comme source de VA. Seulement, si cette efficacité constatée en essai l'était également dans les conditions de vie normale, surtout dans les populations où elle est peu connue, l'HPR pourrait devenir une alternative intéressante aux distributions universelles et gratuites de doses massives de VA.

Quant à l'acceptabilité de l'huile de palme rouge, elle a été documentée chez les enfants en Inde. Une étude réalisée en Inde (245) rapporte que l'HPR a été trouvée

acceptable aussi bien pour les enfants d'âge préscolaires et scolaires que pour leurs mères. Cependant, l'odeur et la couleur n'étaient pas appréciées au début de l'essai. L'étude avait été menée dans les écoles et au sein des ménages dans deux localités différentes. Au niveau des écoles, l'HPR était incorporée dans un aliment distribué aux enfants, alors que dans les ménages, elle avait été incorporée dans les recettes. Au niveau de l'impact, l'étude a relevé une nette amélioration, puisque les 54% d'enfants qui étaient carencés au début de l'étude (sur la base de l'impression conjonctivale) étaient tous devenus normaux. La quantité d'HPR était de 10 g en moyenne par enfant et par jour à Dehli, et de 4 g par enfant et par jour à Coimbatore.

1.7. CONDITIONS D'EFFICACITE DES APPROCHES DE DIVERSIFICATION ALIMENTAIRE POUR LA VA

A travers l'évaluation des interventions présentées plus haut, plusieurs facteurs ont été identifiés comme étant des conditions probables de succès. On notera l'importance de la recherche formative, comme étape préliminaire nécessaire à une meilleure connaissance de la population chez qui on désire le changement de comportement (198, 199). Cette recherche formative, en plus de fournir une somme d'informations sur les facteurs prédisposant, favorables, et de renforcement, permet de faire participer la population.

Une bonne connaissance de l'aliment à promouvoir par les populations apparaît importante (121), mais elle ne constitue pas une condition suffisante. Ainsi, l'aliment devra être culturellement acceptable, financièrement accessible et disponible dans la zone. En menant de façon participative avec les femmes et les animatrices des exercices de construction de modèle causal comme cela a été réalisé dans le cadre du projet Huile de Palme rouge au Burkina, on crée et favorise une meilleure appropriation des messages et des concepts par les villageois. Le modèle causal construit à l'issue de cet exercice a révélé l'importance à accorder à la conscience qu'ont les femmes du problème et de l'efficacité de l'aliment en promotion dans la zone du projet (Delisle H. 2000, non publié).

La durée d'exposition à l'intervention devrait être suffisante pour permettre une véritable adoption du comportement (199). Alan Berg (1989) abonde dans le même sens dans une analyse des projets de la Banque Mondiale (246). Il considère que l'échec constaté dans bien des projets d'éducation nutritionnelle venait de la durée trop courte de ces projets et de la faible proportion du financement accordé au volet éducation. Comme le besoin d'une bonne nutrition est moins bien ressenti que les besoins de santé ou d'aliment, il est compréhensible que du temps soit nécessaire aux populations pour avoir d'abord confiance envers les messages, et les adopter ensuite.

CHAPITRE 2 : LE CONTEXTE DE L'ETUDE

2.1. SITUATION ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELLE DU BURKINA FASO

L'Enquête Démographique et de Santé (EDS) de 1998-99 constitue la source d'information la plus récente sur la situation sanitaire et nutritionnelle au niveau national (247). Il s'agit de la deuxième enquête de ce genre dans le pays, après celle de 1993⁵.

2.1.1. Situation alimentaire

La situation alimentaire nationale est caractérisée par une disponibilité énergétique de 2300 Kcal par jour, provenant en moyenne pour 75% des céréales (248), principalement le sorgho, le maïs, le riz et le petit mil qui rentrent dans la préparation du plat de base. Cependant, les ressources alimentaires restent tributaires des récoltes, lesquelles sont largement influencées par la pluviométrie, l'irrigation étant peu développée. Il y a une très grande variation de ces disponibilités d'une année à l'autre, et au cours d'une même année, la situation alimentaire peut varier énormément selon la région et selon la période de l'année.

Ainsi, au Burkina Faso, l'insécurité alimentaire des ménages est quasi-permanente et de nombreux ménages éprouvent des difficultés à assurer deux repas par jour. Les données collectées en 1998 sur les conditions de vie des ménages montrent que près de la moitié de la population (45%) du pays n'a pas les moyens de se procurer la

⁵ Cette EDS fait partie du programme mondial des Enquêtes démographiques et de santé. Au Burkina, elle a été réalisée par l'Institut National des Statistiques et de la Démographie (INSD), avec l'appui financier de l'Agence des Etats Unis pour le Développement International (USAID), du Fonds des Nations Unies pour la Population (FNUAP) et de la Banque Mondiale, et l'assistance technique de Macro International Inc.

ration alimentaire minimum (247). Les dépenses alimentaires absorbent environ 50% du budget familial. L'incidence de la pauvreté en milieu urbain s'est accrue ces dernières années passant de 10% à 16% entre 1994 et 1998 (247). Malgré cela, la vulnérabilité alimentaire est un problème qui touche principalement les ménages agricoles des zones rurales pauvres (247, 248). Elle est à la fois chronique et saisonnière et devient évidente durant les périodes de soudure qui, de plus, correspondent aux périodes de travaux agricoles.

Au niveau des nourrissons et des jeunes enfants, la consommation alimentaire reste inadéquate. Sur un effectif total de 4099 enfants de moins de 5ans, les résultats, obtenus par interviews auprès des mères, confirment que l'allaitement maternel reste une pratique courante puisque plus de 98% des enfants en ont bénéficié. Cependant, l'allaitement exclusif ne concerne que moins de 6% des enfants de moins d'un mois, et la durée médiane de l'allaitement, qui est de 27,7 mois, est inversement proportionnelle au niveau de scolarisation. Une introduction précoce de liquides et d'aliments solides autres que le lait maternel suivie de l'introduction tardive d'aliments de complément dont la qualité nutritive est très souvent insuffisante (247) exposent les enfants à des taux élevés de malnutrition, surtout lorsque les conditions hygiéniques sont mauvaises.

2.1.2. Situation nutritionnelle

L'évaluation de l'état nutritionnel a été faite par anthropométrie sur 3791 enfants de moins de 5 ans, en période de relative abondance, puisque juste après les récoltes (décembre-janvier). Les résultats obtenus montrent que plus d'un tiers des enfants (37%) présentent un retard de croissance (Taille-Age < -2ET), avec des pics de 45,1% à 50,8 % à partir de la tranche d'âge 12 à 23 mois. Quant à l'émaciation (Poids-Taille < -2ET), 13% des enfants étaient touchés. Les enfants de la tranche d'âge entre 6 et 23 mois sont les plus atteints, 25% d'entre eux étant émaciés, contre 7% des moins de 6 mois et 3% des 48 mois et plus.

Ces résultats révèlent ainsi une situation très préoccupante. Le taux élevé de retard de croissance reflète une situation d'insécurité alimentaire et nutritionnelle chronique.

En ce qui concerne l'émaciation, ces taux calculés à partir de données collectées entre au cours des mois de décembre et janvier, période d'abondantes disponibilités alimentaires locales, cachent des disparités saisonnières importantes, notamment la période de soudure (249) pendant laquelle les prévalences sont encore plus élevées. Par ailleurs, pour les deux indices précités, les enfants qui résident en milieu rural sont plus affectés, de même que ceux dont les mères ont un faible niveau d'éducation, comparativement à ceux dont les mères ont atteint le niveau secondaire (247).

Les carences en micro-nutriments, principalement en fer, vitamine A et iode, sont très répandues chez les enfants en bas âge et chez les femmes (175).

2.1.3. Situation sanitaire

Les taux de mortalité infantile et infanto-juvénile, calculés sur la période de 1993 à 1998 s'élèvent respectivement à 105 p 1000 et 219 p 1000 (247). Ces taux élevés révèlent une détérioration de la situation sanitaire comparativement à la précédente période quinquennale. La situation est encore plus défavorable pour les enfants des zones rurales et de familles peu instruites et à faible revenu. Au plan régional, la mortalité infantile est plus élevée que celle du Togo, comparable à la Côte d'Ivoire et moins élevée qu'au Niger, pays sahélien voisin (247). Parmi les principales causes de cette mortalité élevée, on compte les infections respiratoires, les diarrhées et le paludisme, souvent aggravées par la malnutrition protéino-énergétique et les autres carences nutritionnelles.

Chez les femmes, la mortalité maternelle est également très élevée, estimée à 484 décès maternels pour 100 000 naissances vivantes (247); ce taux a diminué par rapport à la précédente EDS, mais reste très élevé.

2.2. SITUATION PARTICULIERE DE LA CARENCE EN VITAMINE A AU BURKINA

Très peu d'étude sur la carence en VA ont été jusque là effectués au Burkina Faso avec une couverture nationale. Des enquêtes ont été réalisées çà et là mais celles-ci se sont souvent limitées à des études régionales de prévalence des signes cliniques de carence. Malgré l'absence de données sur la prévalence à l'échelle nationale, sur les déterminants et sur les conséquences de la carence en vitamine A au Burkina Faso, elle est considérée, sur la base des d'informations localisées, comme un problème de santé publique, en particulier dans les provinces du Centre et du Nord.

2.2.1. L'étendue de la carence

Les données disponibles proviennent d'études de prévalence utilisant comme seuls indicateurs la cécité nocturne déclarée et les lésions oculaires identifiées en général par des agents de santé spécialisés en ophtalmologie. Se référant aux statistiques du Ministère de la Santé, la prévalence de cécité nocturne serait de 1.7% chez les 2 à 10 ans dans six provinces de la zone Nord du pays. Une enquête réalisée en 1986 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). Plus récemment, une étude a rapporté une prévalence de cécité nocturne déclarée 1.2 à 7.9 % dans quatre provinces voisines du Sanmatenga (178).

En plus de ces études, deux grandes enquêtes, l'une réalisée en 1996 dans 15 provinces et l'autre en 1999 dans 8 provinces apportent des données sur la situation de la carence en VA au Burkina Faso. Une autre enquête, limitée à un seul village vient s'y ajouter. Les résultats de ces enquêtes ont été synthétisés dans le tableau VIII que nous empruntons à Codjia (250). Ils confirment que la carence touche non seulement un grand nombre de provinces du pays, mais aussi qu'elle affecte un effectif important d'enfants, alors que les femmes n'ont pas fait l'objet d'étude sur ce plan.

Tableau VIII : Synthèse des données épidémiologiques sur la carence en vitamine A (250)

Enquêtes / études	Groupes cibles (n)	Période et sites d'investigation	Modes d'évaluation de la carence en vitamine A			Résultats		
			Cécité nocturne	Xérophtalmie	Rétinol sérique	Prévalence de la cécité nocturne (%)		
						Niveaux de Prévalence	Moins de 6 ans	6 ans et plus
Enquête sur les carences en micro-nutriments dans 15 provinces. CNN ⁶ /PDSN. (Mars 1997)	Enfants de 0-10 ans (11 880)	Mai-juillet 1996 Bazéga, Bougouriba, Comoé, Gnagna, Houet, Kéné Dougou, Kossi, Kouritenga, Mouhoun, Oudalan, Poni, Séno, Soum, Sourou, Zoundwéogo	x	x	Aucun cas relevé	Bazéga, Bougouriba, Comoé, Houet, Kéné Dougou, Poni		
					< 1 %	Sourou Zoundwéogo	Kossi	
					Entre 1 et 5 %	Oudalan Mouhoun Séno	Oudalan Kouritenga Séno	
					> 5 %	Gnagna Soum Kouritenga	Gnagna Soum	
Enquête d'évaluation du programme de lutte contre l'avitaminose A dans 8 provinces du Burkina Faso. CNN-UNICEF. (Mars 1999)	Enfants de 2-10 ans (12 000)	Janvier-mars 1999 Bam, Namentenga, Oubritenga, Passoré, Sanmatenga, Soum, Tapoa, Yatenga	x	x	< 1 %	Namentenga Sanmatenga Passoré Tapoa Soum Bam	Namentenga Sanmatenga Passoré Tapoa Bam Soum	
					Entre 1 et 5 %	Oubritenga Yatenga	Oubritenga Yatenga	
					> 5 %	-	-	
					3 % de prévalence de la cécité nocturne chez les 6-14 ans			
Étude sur la carence en vitamine A dans un village du Burkina Faso. (Meda, Chevalier, Mathieu-Daude, 2000)	Enfants de 6-14 ans (466) Familles (42)	Mars - Mai 1998 Dierma (Boulgou)	x	x	Dans les ménages :			
					6 % de prévalence de la cécité nocturne chez les 2-5 ans 4 % chez les 6-14 ans 3,8 % chez les plus de 14 ans			

⁶ Centre National pour la Nutrition , Ministère de la santé du Burkina

Une seule étude, publiée en 1980, donnait des indications sur le niveau de rétinol sérique: 42,4% des 394 sujets adultes avaient des valeurs de rétinol sérique inférieures à $0,70 \mu\text{mol/l}$, de même que 12 des 17 enfants de moins de 5 ans de cette étude (4). Les analyses de VA sérique, que nous avons réalisées par HPLC dans le cadre du présent projet confirment que la carence est un problème de santé publique aussi bien chez les enfants que chez les femmes (251) au moins dans la région centre-nord du pays.

2.2.2. Les interventions en cours et les perspectives

La révision du Plan National d'Action pour la Nutrition (PNAN) intervenue au mois de juillet 2001 a donné l'occasion d'établir un bilan des interventions en cours dans le pays. Le document de politique décennale de santé ainsi que le PNAN proposent 3 stratégies complémentaires pour lutter contre la carence en VA :

La première stratégie est relative aux campagnes de supplémentation, basées sur la distribution à grande échelle de fortes doses de vitamine A sous forme de capsules aux enfants de moins de cinq ans. Depuis l'année 2001, les Journées Nationales de Micro-nutriments (JNM) offrent une deuxième occasion annuelle, en plus de celle déjà ancienne et couplée aux Journées Nationales de Vaccination (JNV) contre la poliomyélite. Cependant, ce programme rencontre d'énormes difficultés d'ordre organisationnel.

2) L'enrichissement d'aliments vecteurs qui est en train de prendre forme, bénéficie de l'intérêt et du soutien de la deuxième phase du projet de lutte contre les carences en micro-nutriments de Helen Keller International. Le sucre, puis secondairement l'huile et le bouillon cube sont les trois produits industriels qui font l'objet actuellement d'intérêt pour les populations urbaines, en raison du fait qu'ils présentent des niveaux de consommation satisfaisants et pourraient donner lieu à une approche d'enrichissement au niveau régional, intégrant le Mali, le Burkina et le Niger. En ce qui concerne les populations rurales, des études pilotes sont envisagées pour évaluer

la faisabilité d'enrichissement à base communautaire de la farine de céréales locales, du beurre de karité et du soubala⁷.

3) La diversification alimentaire qui semble malheureusement être la stratégie la moins développée; en dehors des retombées attendues de projets et programmes à caractère général, les actions spécifiques destinées à la lutte contre les carences en micro-nutriments ne se retrouvent que dans le volet santé scolaire, qu'animent certaines ONG et organisations (Catwell, Save the Children, Helen Keller International et UNICEF). Les sources animales de VA, lorsqu'elles sont disponibles, sont inaccessibles pour la majorité des populations exposées, et les feuilles vertes, sources végétales les plus consommées, ont une faible bio-disponibilité (6, 252). Cependant, si les activités entreprises dans les écoles, visant à la consommation des produits de maraîchage, se poursuivent et que les projets d'introduction de fiches pédagogiques se concrétisent, il y a lieu de penser que des résultats notables et durables pourraient être obtenus.

2.3. LE PROJET PILOTE HUILE DE PALME ROUGE AU BURKINA FASO, CADRE DE L'ETUDE

Ce projet pilote, né en mars 1999 met en partenariat des institutions de recherche et des associations professionnelles pour combattre la carence en VA au Burkina Faso. Le département de nutrition de l'Université de Montréal, qui étudie depuis plusieurs années des solutions alimentaires au problème de cette carence, assume la responsabilité de la direction du projet et dirige, en collaboration avec l'Institut de recherche pour le développement de Montpellier (France), les activités de recherche évaluative. La mise en œuvre de ces activités de recherche ont été assurées par l'Institut de recherches en sciences de la santé (IRSS) du Burkina, tandis que celle de la coordination et des activités de terrain était confiée à l'Association burkinabè d'économie sociale et familiale (ABSEF).

⁷ Graines de *Parkia biglobosa* fermentées, utilisées comme condiments dans les sauces et caractérisées par de fortes teneurs en protéines

2.3.1. Enjeux du projet

Les orientations nationales en matière de lutte contre les carences en micronutriments mentionnent de façon claire qu'il est essentiel, à côté des interventions à court terme basées sur la supplémentation par des capsules de VA fortement dosées, de mettre en place des stratégies à plus long terme (175)). Au niveau national, ce projet pilote représente donc un enjeu réel, car il met à l'épreuve une approche alimentaire potentiellement importante dans la stratégie d'ensemble destinée à prendre la relève de la distribution universelle et gratuite de capsules de VA pour une prévention durable de la carence. Sur le plan international, les résultats de ce projet au Burkina pourront avoir des applications pratiques importantes dans d'autres pays où l'avitaminose A est un problème et où l'HPR est ou peut être consommée, particulièrement les autres pays du Sahel.

2.3.2. Pourquoi l'huile de palme rouge et pourquoi la zone de Kaya?

Le projet propose, au-delà des autres aliments riches en rétinol et en carotènes provitamines A, l'Huile de Palme Rouge (HPR) comme supplément alimentaire pour les groupes vulnérables, les femmes et les jeunes enfants. On a longtemps pensé qu'à défaut de produits animaux qui sont trop chers pour bien des gens, la promotion de régimes riches en feuilles vertes, souvent la principale source locale de VA, suffirait pour le contrôle à long terme de la carence. Toutefois, des travaux menés dans diverses populations, notamment au Niger (102) et en Indonésie (5) ont montré que l'activité vitaminique A des feuilles vertes était vraisemblablement moindre qu'on ne l'avait supposée, en raison d'une faible absorption et utilisation dans l'organisme. Au demeurant, les feuilles vertes sont surtout consommées dans les sauces au Burkina, et elles représentent un apport fréquent mais limité de carotènes provitamines A.

L'HPR a non seulement une très forte teneur en carotènes, mais elle constitue aussi une source lipidique pour l'absorption de ces carotènes. La bio-disponibilité des

carotènes de cette huile est en outre bien supérieure à celle des fruits et légumes verts. Le choix de promouvoir l' HPR s'explique par plusieurs raisons. Étant un concentré énergétique, l'HPR pourrait secondairement contribuer aux apports énergétiques quotidiens. Solomons (1998) estime comme nous qu'il est temps de consacrer plus d'études aux produits d'origine végétale n'ayant plus de matrice végétale et notamment à l'HPR (253). Pour lui, non seulement les caroténoïdes de ces aliments ont une meilleure bio-disponibilité, mais ne présentant pas de risques tératogènes pour le fœtus, ils pourraient devenir la meilleure voie pour la supplémentation en VA chez les femmes en âge de procréer (208, 254).

Au Burkina, l'HPR est produite par des femmes de manière artisanale dans l'Ouest du pays, notamment à Banfora et Orodara, mais sa commercialisation en dehors de la zone de production est jusqu'à maintenant infime. C'est donc un contexte qui se prête bien à un projet pilote sur l'acceptabilité et l'efficacité de cette huile dans une autre zone. Il a d'ailleurs pu être vérifié que la production d'HPR suffirait amplement à répondre à une demande accrue, d'autant plus que cette production pourrait facilement être augmentée (213). Son prix pourrait éventuellement constituer un obstacle, mais les quantités requises pour répondre aux besoins en VA étant faibles, 6 g par jour pour un jeune enfant, l'incidence financière a été estimée supportable.

Comme il s'agit d'un projet pilote, il est implanté à petite échelle et le choix d'une partie du Département de Kaya comme zone d'intervention a tenu compte de plusieurs facteurs : 1) Problème connu de carence en VA, mais absence de déficit cérééalier chronique sévère, car cette insécurité alimentaire serait alors la priorité; 2) Population assez dense; 3) Accès de la zone relativement aisé en contre saison; 4) Animatrices actives dans plusieurs villages.

Le département de Kaya est l'un des 11 départements de la province du Sanmatenga. Il est situé au centre Nord du pays et en début de région sahéenne. Les données les plus récentes couvrant la région de Kaya proviennent de l'EDS 1999. Selon les résultats de cette enquête, la zone Nord présente les caractéristiques sanitaires

suivantes: Le retard de croissance touche 36,7% des enfants de moins de 5 ans tandis que l'émaciation concerne 16,6%. Le taux de fréquentation des structures sanitaires est de 62% en milieu urbain contre 16 % pour les zones rurales.

Dans le cadre du projet pilote, la zone sanitaire du secteur 4 de la ville de Kaya a été choisie comme site d'intervention. Cette zone comprend dix (10) villages et un seul secteur urbain (le secteur 4). Le choix des dix villages a été fait avec la collaboration du district sanitaire de Kaya, pour tenir compte du programme de distribution universelle et gratuite des capsules de vitamine A dans le pays, dont la réalisation est couplée avec les campagnes de vaccination contre la poliomyélite; il était censé offrir une meilleure garantie quant à la possibilité pour les autorités sanitaires, de veiller à la suspension effective de la distribution des capsules dans le cadre des campagnes dans cette zone. Des villages relevant de zones sanitaires différentes causeraient plus de difficultés pour voir appliquer une telle consigne. Les femmes en âge de procréer et les enfants d'âge préscolaire constituent les groupes cibles prioritaires pour une première phase du projet, mais il était prévu que les enfants d'âge scolaire puissent être aussi éventuellement ciblés par les activités de promotion de l'HPR.

2.3.3. Objectifs et résultats attendus de l'intervention

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

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- 1) Faire accepter, par une stratégie promotionnelle appropriée, l'HPR comme supplément alimentaire de VA pour les femmes en âge de procréer et les jeunes enfants;
- 2) Améliorer de manière significative les apports et le statut en VA des femmes et des jeunes enfants des sites pilotes – 10 villages et un secteur urbain de Kaya;

3) Préparer la mise sur pied d'un système de commercialisation de l'HPR à partir de zones de production du Burkina, pour une phase ultérieure du projet.

On s'attend à ce que l'HPR soit acceptable pour la population cible en termes de goût, de prix et de motivation à consommer. Après 24 mois d'activités de promotion, on prévoyait qu'environ 50% des groupes cibles consommeraient régulièrement de l'huile de palme rouge en l'ajoutant à leurs aliments. On s'attend également à ce que, grâce à la consommation de ce supplément alimentaire, le statut vitaminique A s'améliore dans les groupes cibles.

2.3.4. Activités réalisées dans le cadre du projet

Cette section présente les activités qui ont été menées au cours des 24 mois du projet pilote. Les activités prévues comprenaient d'une part la promotion de l'HPR et d'autre part la commercialisation et le contrôle de qualité de l'HPR. Cependant, des activités transversales, notamment des activités de formation et de mobilisation des partenaires, ainsi que des activités de recherche ont été également réalisées et seront présentées.

Il nous paraît important de préciser que les informations présentées dans cette section, qui proviennent pour une large part du rapport narratif final du projet (255), ne constituent pas des résultats d'une évaluation du processus, celle-ci n'ayant pas été prévue dans le cadre de cette phase pilote.

La présentation des activités du projet pilote s'articule autour de 4 axes :

- La formation des animatrices et la mobilisation des partenaires en faveur du projet;
- Les activités de promotion de l'huile de palme rouge;
- Les activités d'approvisionnement, de contrôle de qualité et de commercialisation;
- Les activités de recherche, comprenant l'évaluation et les études;

2.3.4.1. Les activités de formation et de mobilisation des partenaires en faveur du projet

Une formation sur la méthodologie de dosage de la vitamine A et des caroténoïdes par HPLC a été réalisée au début du projet. Cette activité avait regroupé des cadres et des techniciens de laboratoire de différentes structures scientifiques du Burkina, intéressées par l'utilisation de la méthode HPLC. Cette ouverture de la formation à des personnes extérieures au projet a été pensée en vue de mettre en place une base de relations entre les utilisateurs de cette méthode, dans un contexte où la solidarité en terme de recours en cas de panne ou de rupture de stock est indispensable. La formation a été fort appréciée et utile puisqu'un des ingénieurs ayant suivi ce stage travaille actuellement de façon quasi quotidienne sur le système HPLC aux analyses de la vitamine A. On peut également comptabiliser comme acquis la mise en place d'un accord en vue de la pérennisation de l'unité HPLC, pérennisation qui prend corps puisque cette unité, sous la direction de NM Zagré, reçoit maintenant des prélèvements sanguins et alimentaires de diverses institutions de recherche du pays et même du Niger.

Une autre formation, également située en début du projet, était destinée aux économistes sociales et familiales et a porté sur la situation de la carence et sur la philosophie du projet. Cette formation était rendue indispensable, pour s'assurer que les animatrices, qui sont en prise directe avec les populations, comprennent bien et épousent les approches qu'entendait mettre en oeuvre le projet. La deuxième partie de cette séance de formation était consacrée aux techniques de marketing social et de communication persuasive, afin de préparer les animatrices à remplir leur rôle dans le projet.

Avant le lancement effectif des activités de vente au détail de l'HPR dans les villages, le projet a initié et réalisé une formation des femmes volontaires villageoises à la vente au détail de l'HPR dans les villages; il s'agissait de présenter à ces volontaires

quelques principes élémentaires de gestion et de manipulation hygiénique de l'huile qui leur sera confiée.

En outre, dans le but de potentialiser la somme d'expérience des structures gouvernementales et non gouvernementales qui interviennent dans la zone de Kaya, le projet a mis en place un cadre de concertation bi-annuel avec celles-ci. Pour chaque réunion, toutes les structures étaient conviées par le biais de l'autorité administrative et politique de la province, sur un ordre du jour proposé à l'avance par la coordonnatrice du projet. Cette initiative a permis au projet, nouvellement implanté et disposant de ressources limitées de bien se faire connaître des autres structures, d'avoir leur soutien et leurs avis sur les approches, les activités et les problèmes rencontrés dans le cadre de l'exécution des activités. Ce cadre de concertation a permis une véritable mobilisation des structures au profit du projet.

2.3.4.2. Activités de promotion de l'huile de palme rouge

La promotion de l'HPR comme supplément alimentaire pour les femmes et jeunes enfants a été faite par les animatrices dans les villages et marchés des sites d'intervention de Kaya. Conformément à l'approche de marketing social adoptée par le projet, les stratégies de promotion et les messages ont été élaborés à la lumière de consultations avec la population cible. Des activités, supports et canaux de communication prioritaires ont été ainsi identifiés; on trouve en tête de liste les démonstrations et les dégustations, une campagne 'publicitaire', du théâtre, et des spots radio. Outre la radio, l'école, les groupements masculins et féminins, le marché, les autorités coutumières et les centres de santé ont servi de canaux importants pour la diffusion des messages. Ces messages ont été développés, puis testés avant d'être utilisés pour la promotion de l'huile.

Dans une approche participative, les animatrices ont également recherché, avec les groupements de femmes qu'elles encadrent, d'autres moyens d'augmenter la production et la consommation d'aliments riches en VA.

La stratégie de marketing social, adoptée par le projet comme stratégie de promotion, a impliqué la définition d'un positionnement adéquat de l'huile, l'élaboration et le pré-test des messages et le choix des canaux de diffusion. L'huile de palme a été positionnée comme un supplément à rajouter en quantités réduites à l'aliment pour les femmes et les jeunes enfants. Ce positionnement donne l'avantage d'atteindre les objectifs nutritionnels et de limiter les quantités nécessaires par ménage tout en évitant de faire concurrence aux matières grasses locales (huile d'arachide et beurre de karité) produites et mieux connues par les femmes.

Après l'élaboration et le pré-test des messages survenus très tôt dans la première année du projet, la promotion proprement dite a commencé et a comporté diverses activités. Dans certains cas, il a été possible de compter le nombre de participants, à rapporter à une population cible de 12 000 femmes et enfants d'âge préscolaire. Ces données sont reprises dans le tableau IX ci-dessous :

Tableau IX: Nombre de participants à quelques activités du projet

TYPE D'ACTIVITE	NOMBRE TOTAL DE PARTICIPANTS
Démonstrations de plats enrichis à l'HPR (2/site)	2224
DEMONSTRATIONS DE BOUILLIES DE SEVRAGE ENRICHIES (2/SITE)	2436
Participation au théâtre-forum (1/site)	1791
L'exercice de l'« arbre aux solutions », dans tous les sites (fin 2001)	429
Adultes atteints par la promotion de l'HPR lors des JNV de 2001 (nombre inconnu en 2000)	3622
Exercice de cartographie communautaire sur le calendrier des disponibilités d'aliments riches en VA (fin 2001)	430 (dont 16 hommes)

Source: Delisle, 2002

Un concours inter-villages a été initié pour stimuler la consommation et créer une émulation entre les villages. L'objectif de cette activité a été atteint puisque la quantité d'huile vendue en 45 jours a atteint 430,5 litres et que la cérémonie de proclamation des résultats suivie de la remise des prix a été également une occasion pour les délégués des villages, surtout de ceux ayant obtenu un mauvais classement, de prendre conscience de la nécessité de sensibiliser leurs habitants.

La participation du projet aux activités du district sanitaire constitue sans nul doute un véritable point d'honneur pour le projet. Que ce soit la participation aux activités de SMI ou la jonction avec les campagnes de vaccination, le principe de cette association, la participation aux phases préparatoires, l'intégration des animatrices du projet aux équipes de vaccination, les contacts entre la coordinatrice et les autorités départementales d'une part, et les infirmiers d'autre part, ont permis au projet de montrer, d'abord aux structures sanitaires et ensuite aux populations, la nécessaire complémentarité qui devrait exister entre nos activités. Lors de ces JNV, plus de 3600 adultes ont été atteints par la promotion de l'HPR.

Un autre acquis est constitué par la confection de 15 boîtes à images contenant chacune 10 illustrations. Ces boîtes sont actuellement utilisées par les animatrices pour leurs séances lors des contacts avec les femmes.

La pièce de théâtre a été très bien appréciée par tous, certainement en raison de son caractère récréatif. Elle a été montée par un jeune volontaire et 12 élèves de Kaya, qui l'ont présentée dans les différents sites du projet pilote suite à des répétitions en présence de la coordonnatrice nationale. Chaque représentation a été suivie de questions et de réponses fournies par l'animatrice.

Afin d'aider les femmes à diversifier les plats dans lesquels l'HPR peut être utilisée, le projet a réalisé deux séances de démonstration culinaire dans chaque village. Ces activités ont connu une forte affluence, tout comme la démonstration de préparation d'aliment de complément pour les nourrissons.

Deux grosses activités ont également été réalisées au cours de cette phase, l'une consacrée à l'exercice de la construction de l'arbre à solutions, l'autre relative à la cartographie des aliments riches en VA dans la région.

Concernant la réalisation de l'arbre à solutions, les animatrices ont accompli avec les femmes un exercice au moyen de l'approche de « l'arbre à problèmes et de l'arbre à solutions » en vue d'identifier d'autres façons d'augmenter la consommation d'aliments sources de VA, en plus de l'HPR⁸. La synthèse des solutions qui sont ressorties de cet exercice participatif a fait ressortir un certain nombre d'activités ayant en commun la génération de revenus, et plaçant ainsi la question de la pauvreté au centre des préoccupations. A la suite de cet exercice, les femmes de plusieurs villages, aidées des animatrices, ont préparé des dossiers de financement pour de petits projets générateurs de revenus qui ont été soumises à l'ADRK (Association pour le Développement de la Région de Kaya), ONG appuyée par les Pays-Bas, ou au FAARF (Fonds d'appui aux activités rémunératrices des femmes). Un village a déjà

⁸ Delisle H. Communication personnelle, 2001

obtenu l'équivalent d'environ 2000 \$ (remboursable en 6 mois, taux d'intérêt de 10%) du FAARF pour la commercialisation de céréales.

L'élaboration participative d'un calendrier de disponibilité locale des aliments sources de VA a été réalisée à la fin de la phase I. Elle a mis en œuvre l'approche de cartographie communautaire préconisée en recherche-action participative et établie une liste exhaustive des aliments locaux riches en VA (ou soupçonnés de l'être par leur couleur). Puis on a reporté sur un calendrier les moments de l'année où ils sont disponibles, en quantifiant (avec des cailloux) cette disponibilité (très élevée, élevée, moyenne, faible...). Cet exercice permet aux femmes de se rendre compte de la diversité des aliments sources de VA de la zone en prenant en compte les aliments sauvages.

2.3.4.3. Approvisionnement, contrôle de qualité et commercialisation de l'HPR

Un agent de l'agriculture, correspondant du projet dans la province de Kéné Dougou, s'est occupé des arrangements nécessaires avec des groupements ou femmes productrices des environs en vue de préparer les approvisionnements. Les quantités nécessaires pour l'année étaient collectées pendant la saison de production, puis acheminées et stockées par le projet à Kaya. Des groupements de femmes des sites pilotes de Kaya avaient la responsabilité de la commercialisation au détail dans les marchés et villages. L'huile était vendue dans des contenants de divers formats. Ceux-ci ont été choisis en plastique opaque pour éviter l'altération des carotènes à la lumière. Au démarrage, des échantillons gratuits ont été distribués et le prix au détail a été partiellement subventionné, afin d'encourager les femmes à essayer l'huile de palme rouge, puis à l'adopter face à la concurrence des capsules de vitamine A distribuées gratuitement. On espère ainsi arriver progressivement, au cours des deux ans, à vendre l'huile au prix réel, lequel inclut les coûts de production et de transport ainsi qu'une marge bénéficiaire acceptable pour les groupements de femmes qui la produisent ou la commercialisent.

Cette activité de commercialisation a connu des difficultés, difficultés tenant à l'impossibilité de prévoir avec suffisamment de précision le volume des ventes. En outre, la période de production de l'huile ne coïncide pas avec celle de forte consommation. Il semble que les femmes soient occupées pendant l'hivernage et que la cueillette des noix soit difficile et dangereuse pendant cette saison. C'est donc à cette période que les disponibilités d'huile sont les plus faibles alors que c'est la période de demande la plus forte. Dans chaque site d'intervention, deux ou trois femmes du village se sont occupé de la vente au détail de l'huile; leur motivation s'est avérée très bonne: elles suivaient leur stock de façon à se réapprovisionner avant l'épuisement complet. Elles étaient souvent aidées par les hommes du village qui se chargeaient alors de rejoindre la ville de Kaya à bicyclette pour renouveler le stock.

Dans le rapport narratif final du projet, Delisle (2002) a décrit 3 périodes importantes dans le cycle de production et de vente de l'huile :

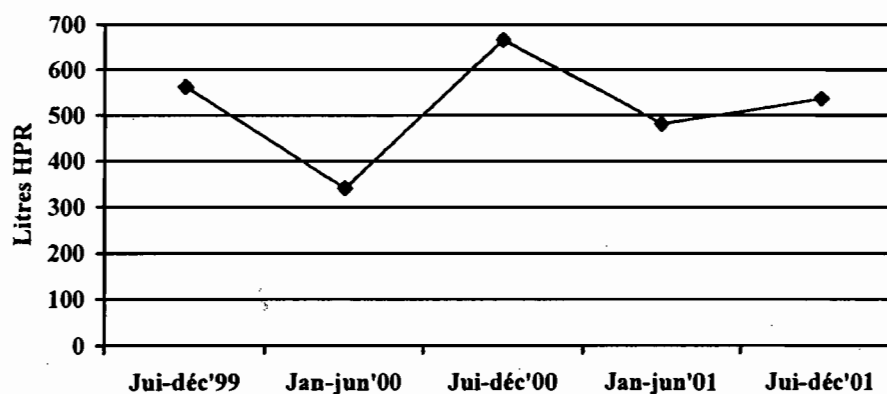
De mai à janvier : l'HPR est rare dans les sites de production pendant l'hivernage, les femmes n'ayant pas le temps de traiter les noix en raison des travaux agricoles et les pluies rendant la cueillette périlleuse

De février à avril : ce sont les meilleures périodes pour l'achat de l'HPR dans les sites de production, mais la vente est malheureusement difficile à cette période car c'est la soudure, notamment dans la zone de Kaya

Cependant, les meilleures périodes pour la vente au détail se situent entre août et octobre, notamment au moment de la cueillette des feuilles vertes et des haricots au mois de septembre.

La figure 4 montre d'une part les fortes fluctuations saisonnières des ventes, et d'autre part le faible niveau des ventes (255).

Figure 4: Ventes totales d'HPR par semestre



La quantité moyenne d'huile consommée par personne sur toute la période allant de juillet 1999 à décembre 2001 a été de 104 ml par année, en considérant une population cible de 10 000 femmes et enfants. Cette quantité est faible si on tient compte de l'activité VA de l'HPR d'après nos propres analyses (64 à 106 μg EAR/g), et des niveaux des apports de sécurité, fixés à 400 μg EAR pour les enfants et 850 μg EAR pour les femmes allaitantes (16).

Une autre activité importante du projet était le contrôle de qualité de l'HPR, réalisé au début du projet pour vérifier la salubrité et la teneur en caroténoïdes provitamines A de l'HPR. Ce contrôle avait également pour objectif de vérifier l'évolution des caractéristiques de l'huile en fonction du temps de stockage. La qualité de l'huile ainsi que sa salubrité ont été vérifiées, comme en témoignent les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques présentés au tableau X, mais les résultats complets, objet d'un mémoire de M.Sc. (235), ont été présentés au chapitre consacré à la revue de la littérature.

Tableau X: Qualité de l'HPR

Nature des indicateurs	Sommaire des résultats
Physico-chimiques	Faible taux d'humidité : 0,4% Indice d'acidité <7% (après 2 mois) Indice de peroxyde <5% (après 2 mois) Très peu de corps étrangers
Bactériologiques	Faible teneur en bactéries, mais augmentation au niveau du détail Détection de coliformes sur un site de vente au détail Absence d'aflatoxine

Source: Delisle, 2002

2.3.4.4. Les activités de recherche, comprenant l'évaluation et les études

Les réalisations en termes d'activités de recherche comprennent:

La présente thèse de PhD en Nutrition préparée en co-tutelle entre l'Université de Montréal et l'Université Montpellier II en France

Un mémoire de M. Sc. en Nutrition de l'Université de Montréal, par Patrick Codjia

Un mémoire de maîtrise es Sciences et Techniques de l'Université de Ouagadougou, par Jean-Baptiste Mabondzo

Le rapport d'étude sur la filière de l'huile de palme rouge et des autres huiles alimentaires au Burkina, par Zacharie Badini

Le rapport d'enquête sur la production artisanale d'HPR au Burkina Faso, par Ann Tarini

2.3.5. Les conclusions de l'atelier de restitution

Afin de partager les résultats de l'intervention et de discuter des conclusions et des perspectives de la phase I, un atelier national de restitution s'est tenu les 20 et 21 septembre 2001 à Ouagadougou. Cet atelier qui a regroupé tous les intervenants du domaine de la nutrition, les représentants des populations, les partenaires du projet

des zones de production et d'intervention, de même que des organisations non gouvernementales et des Nations Unies s'est penché sur l'appréciation des résultats obtenus, sur les défis à relever restant et sur les perspectives.

Les résultats préliminaires sur l'évolution des Connaissances-Attitudes-Pratiques, des apports et du statut en VA des sujets visés par l'intervention ont été présentés aux participants. Au regard des objectifs poursuivis par le projet, ils ont estimé que l'intervention était un succès, comme en témoigne l'accroissement des apports en vitamine A imputables à la consommation de l'HPR et dans une moindre mesure à l'augmentation de la consommation des aliments d'origine animale. Ils ont considéré que le projet avait démontré la faisabilité de l'introduction de l'huile dans la zone, son acceptabilité et son efficacité à réduire la proportion des faibles teneurs en rétinol sérique.

Cependant, les participants à l'atelier ont estimé que des défis importants restaient à relever. Ils ont notamment noté que la consommation de l'huile restait quand même faible et irrégulière, que le circuit d'approvisionnement et de commercialisation n'était pas encore au point et que l'utilisation de l'huile pour toute la famille était inévitable.

Au titre des perspectives, l'atelier a insisté sur le besoin de poursuivre et d'étendre le projet. Le prix de l'huile, qui reste un obstacle, pourrait se réduire si des efforts sont faits pour accroître les rendements de l'extraction par l'utilisation de presses à huile, une formation des productrices à une meilleure technique d'extraction et une meilleure organisation des femmes en groupement de production.

A l'issue de la phase II du projet en cours depuis février 2002, une évaluation de l'intégralité du projet, intégrant le processus et l'impact sera conduite.

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE

Dans ce chapitre, nous présentons successivement la finalité ainsi que les objectifs et les hypothèses de recherche, puis le devis de recherche et l'échantillon de l'étude. Puis nous abordons les variables de l'étude, les méthodes de mesure utilisées avant de clore le chapitre par le traitement, l'analyse et l'interprétation des données.

3.1. FINALITE, BUT, OBJECTIFS ET HYPOTHESES DE RECHERCHE

La finalité du projet était de contribuer à l'amélioration de la santé et de l'état nutritionnel des enfants de moins de 5 ans et des femmes en âge de procréer, en améliorant les apports et le statut en vitamine A.

Son but était de démontrer qu'il est possible de faire accepter l'HPR comme supplément alimentaire pour les enfants de 12 à 36 mois et leurs mères dans une région qui n'en produit et n'en consomme pas habituellement.

Pour atteindre ce but, le projet de recherche s'est fixé les objectifs suivants :

- i) évaluer l'évolution des Connaissances Attitudes et Pratiques (CAP) des mères en matière de consommation d'aliments riches en vit A et d'HPR ;
- ii) vérifier l'effet ou l'impact du projet sur les apports alimentaires en vit A des mères et leurs enfants de 12 à 36 mois ;
- iii) vérifier l'impact du projet sur le statut vitaminique A des enfants de 12 à 36 mois et de leurs mères ;

Les hypothèses que l'étude entendait vérifier sont les suivantes :

- 1) l'huile de palme peut être introduite dans une population qui n'en produit et n'en consomme pas habituellement. On s'attendait à ce qu'après 24 mois d'activités promotionnelles, au moins 50% des groupes cibles consomment régulièrement de

l'huile de palme rouge, telle quelle ou en l'ajoutant aux plats préparés au moment de la consommation

2) Les apports alimentaires de vitamine A des enfants de 12 à 36 mois et de leurs mères seront améliorés significativement après la période de promotion de l'HPR. L'augmentation attendue des apports vitaminiques A entre le début et la fin des activités promotionnelles a été fixée à environ 100 ER par jour pour les femmes et les enfants, niveau d'apport correspondant à 50% des besoins de base chez les enfants de 12 à 59 mois (16). Faute de données sur le niveau des apports antérieurs au projet, on s'est basé sur les données du Niger, pays voisin présentant des similarités avec la zone d'étude, où l'apport quotidien d'enfants d'âge préscolaire était de l'ordre de 200 ER (119)

3) Le statut vitaminique A du groupe cible sera amélioré à l'issue de l'intervention. On s'attend à une diminution du tiers au moins de la proportion des faibles teneurs en rétinol sérique chez les enfants de la tranche d'âge considérée et chez leurs mères.

3.2. PORTEE ET ORIGINALITE DE L'ETUDE

L'originalité d'une telle recherche vient de son approche pragmatique. En ce qui concerne les interventions de diversification alimentaire pour la VA basées sur l'HPR en particulier, on ne dispose pas d'évidence scientifique sur la faisabilité et l'efficacité dans un contexte de choix et d'achat volontaires du produit. C'est pour cette raison que l'étude a une grande portée, tant au niveau national qu'à celui d'autres pays en développement. En effet, les résultats de l'étude permettront de tirer des conclusions sur la possibilité de combattre un problème nutritionnel en se basant sur le choix volontaire des populations, non seulement dans le cas de la vitamine A, mais aussi pour d'autres micro-nutriments. En plus, l'étude pourra servir de modèle d'intervention pour d'autres programmes. On a souvent justifié le peu d'intérêt accordé aux approches alimentaires par le fait que leur efficacité réelle n'avait pas encore été établie. Notre étude constituera certainement le début d'une série d'autres études qui permettront d'établir l'efficacité réelle de l'huile de palme rouge et d'accorder plus de confiance à ce type d'interventions préventives. Compte tenu de

l'ampleur de la carence en vitamine A et du nombre de pays concernés, il est fort probable que nos résultats intéressent tous ceux qui ont la possibilité d'exploiter l'huile de palme rouge.

3.3. PROTOCOLE D'EVALUATION PRE-POST

Le protocole utilisé dans cette étude est du type pré-post. Nous avons suivi et évalué divers indicateurs avant, 12 mois et 24 mois après le début de l'intervention, correspondant à trois passages d'enquête. Il s'agit d'un type de protocole largement utilisé et accepté en recherche évaluative (256). Les données de Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP), les mesures de consommation alimentaire, les données socio-économiques des mères, de même que les mesures anthropométriques et les données de morbidité des enfants ont été collectées aux trois passages, tandis que le statut en VA a été évalué par le rétinol sérique à deux passages seulement, avant la phase de supplémentation et 24 mois après, chez les enfants et leurs mères (cf. Figure 5)

Nous avons opté de collecter les données en longitudinal, car cela présentait l'avantage, comparativement à celui du transversal répété, d'avoir plus de puissance dans les tests statistiques, au moins pour les tests intra sujets. Mais ce choix n'est pas sans inconvénient. Le plus évident concerne le risque de valeurs manquantes, problème toujours présent dans les études longitudinales et d'autant plus aigu que la période d'intervention est longue. En dehors de la perte de puissance consécutive à la réduction des effectifs, deux questions se posent constamment lorsqu'on met en œuvre un protocole longitudinal, la première étant de savoir si du fait des données manquantes en fin d'intervention, l'échantillon conserve ses caractéristiques de départ. Nous avons suivi tout au long de l'intervention certains paramètres socio-économiques, de même que l'état physiologique des mères, l'état sanitaire et anthropométrique des enfants de façon à en tenir compte dans les analyses.

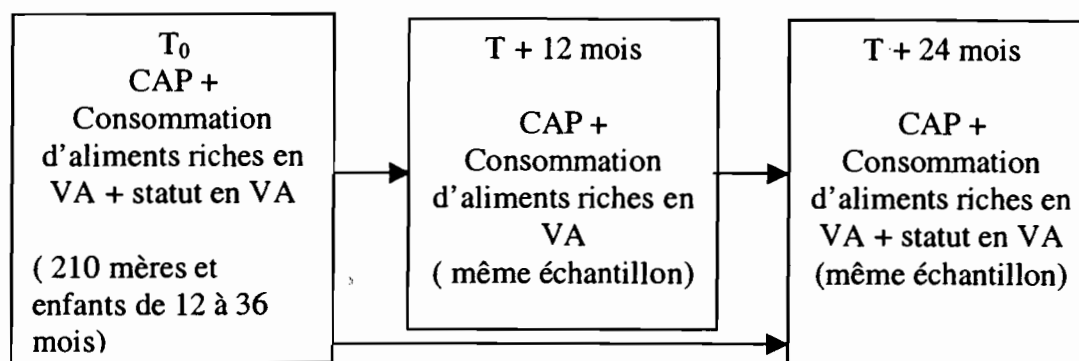
La deuxième question que suscite le devis longitudinal est de savoir si, même en l'absence de perdus de vue, l'échantillon en fin d'intervention représente toujours la

population deux ans après, en fin d'intervention? Dans ces conditions, il faut poser l'hypothèse que la population à l'étude est fermée et stable au cours de la période d'intervention. Cette question est particulièrement importante dans les sociétés objet de fréquents déplacements, mais ce n'est pas le cas habituel dans la région de cette étude.

Au sujet des groupes témoins, la difficulté vient du fait qu'il n'est pas toujours possible d'en avoir. Dans le cas de cette étude, outre les obstacles financiers, il nous était impossible d'empêcher que la vente de l'huile, limitée par le projet aux villages d'intervention, ne s'étende progressivement aux villages témoins.

Au demeurant, un groupe témoin n'est pas toujours justifié, en fonction du type d'évaluation et des objectifs visés. En effet, lorsqu'on ne fait pas d'évaluation probabiliste, qui cherche à vérifier dans quelle mesure les effets observés sont ou ne sont pas dus au hasard, ou lorsque des obstacles divers se présentent, notamment liés aux ressources disponibles, il est possible de s'en passer (196). L'absence de villages témoins n'invalide pas forcément une évaluation à condition que la recherche soit menée avec rigueur.

Figure 5 : Le protocole de recherche



3.4. POPULATION ET ECHANTILLON DE L'ETUDE

Pour l'évaluation, les enfants ayant 12 à 36 mois au début et leurs mères, et qui résidaient dans ces villages représentent la population cible. Notre choix s'est porté sur ces deux groupes car ils sont les plus exposés à la carence.

L'effectif de l'échantillon de paires mères /enfants a été calculé en tenant compte de la variation que l'on souhaitait être capable de détecter au niveau des variables principales, ici la proportion des faibles rétinolémies et l'apport moyen en vitamine A, et de l'erreur que l'on juge raisonnable d'accepter compte tenu du phénomène étudié et de la puissance souhaitée (257).

Le calcul de l'effectif a tenu compte d'une erreur alpha de 0,05 et d'une puissance statistique de 90%. La variation souhaitée au niveau des indicateurs de succès de l'intervention a été vue sous deux angles. Pour le statut, nous avons considéré une baisse du tiers de la proportion de faibles teneurs sériques de rétinol, conformément aux objectifs du projet. Sur la base de la variation des apports moyens en vitamine A, nous avons retenu une augmentation moyenne de 100 ER par jour, pour un apport

moyen initial estimé chez les enfants à 200 EAR. L'augmentation attendue au niveau des apports des enfants correspond à 50% des besoins de base pour des enfants de cette tranche d'âge (FAO, 1989). C'est également ce niveau d'apport qui est visé dans les programmes d'enrichissement lorsqu'on souhaite assurer un apport régulier et fréquent de vitamine A (187)aux enfants de 12 à 59 mois. Quant au niveau de l'apport initial en VA, l'estimation se fonde sur des travaux antérieurs menés au Niger, un pays voisin et comparable (119), étant donné qu'aucune donnée nationale n'était disponible.

Lorsque le calcul se base sur l'augmentation des apports, l'effectif nécessaire se chiffre à 60 sujets, alors qu'il est de 160 sujets avec la réduction des faibles teneurs sériques de rétinol. Pour cette raison, nous avons retenu 160 sujets, que nous avons majoré à 210 pour tenir compte d'éventuelles pertes d'effectifs en cours d'étude (décès, refus, voyages par exemple) ainsi que de la possibilité d'avoir des données non exploitables.

Pour tirer au sort l'échantillon, nous avons préalablement constitué une base de sondage grâce à la collaboration des autorités communales et départementales. Nous avons obtenu de ces autorités, des tables de recensement datant d'avril /mai 1998 qui donnent, pour chaque ménage du village, le nom du chef de ménage et des autres membres ainsi que leur date de naissance. Certaines dates étaient cependant incomplètes. Comme l'étude s'intéresse aux enfants de un à trois ans, une liste de tous les ménages des villages de la zone d'intervention ayant au moins un enfant de cette tranche d'âge a été établie par nos soins. Les enfants nés après le recensement; donc non recensés, n'intéressaient pas l'étude car ils avaient moins de 12 mois.

L'identification des ménages a tenu compte de considérations opérationnelles. En effet, la collecte des échantillons de sang, qu'il faut traiter rapidement et conserver au froid, ainsi que le besoin de mobiliser une équipe du laboratoire du Centre Hospitalier impliquait la réduction des points de prélèvement. Nous ne pouvions donc pas prévoir des sujets dans chacun des 11 sites d'intervention. Mais d'un autre côté, d'un point de vue de l'implantation du projet, nous avons besoins d'informations collectées sur un

minimum de sites au cours des premiers mois, pour mieux définir et adapter les modalités d'intervention très tôt après le démarrage des activités.

Compte tenu des ces deux contraintes, nous avons finalement choisi de tirer l'échantillon sur six villages choisis au hasard, auxquels on a ajouté le seul secteur urbain. Pour chacun de ces six villages et le secteur urbain de Kaya, un pas de sondage a été calculé en divisant le nombre de ménages de la base de sondage par 40, l'objectif étant de tirer 40 ménages par site de façon à en retenir 30 après avoir vérifié leur présence effective et leur consentement.

Le premier ménage est tiré au hasard sur la liste. Les autres ménages ont été obtenus en ajoutant le pas de sondage du site au numéro d'ordre du ménage précédent.

Tous les ménages retenus ont été recherchés et identifiés sur le terrain. Nous leur avons donné toutes les informations et les explications relatives à leur participation à l'évaluation. En particulier, il leur a été clairement dit qu'ils étaient libres de participer ou pas sans aucune conséquence pour eux, et au cas où ils s'engageraient qu'ils pourraient aussi renoncer sur simple information verbale. Cette séance a eu lieu non seulement en présence des femmes, mais aussi des chefs de ménages qui pour la plupart ont signé sur le formulaire de consentement comme témoins.

Lorsque dans un village donné des ménages manquaient ou que l'âge n'était pas convenable, malgré les 10 ménages supplémentaires, nous procédions à un tirage complémentaire. Si le ménage est polygame, la mère allaitant un enfant de la tranche d'âge est retenue, et le cas échéant celle ayant l'enfant le plus jeune. Dans les cas de mères ayant des jumeaux, les deux enfants ont été gardés. Le seul critère d'exclusion pour les enfants était une pathologie ayant occasionné un alitement, mais seulement deux cas ont été rencontrés. Nous n'avons pas rencontré de situation où plus de 30 ménages parmi les 40 d'un village étaient présents et consentants.

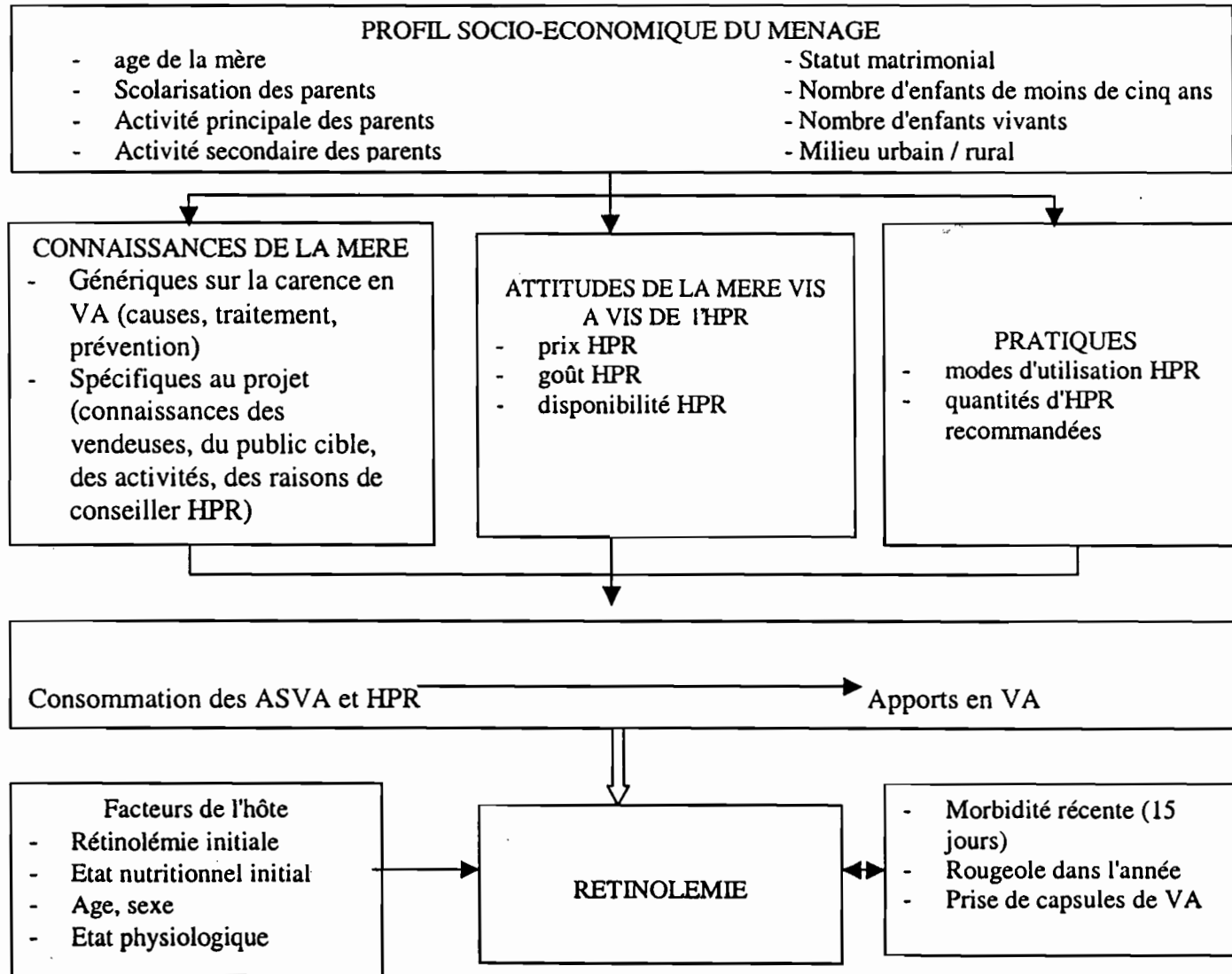
3.5. LES VARIABLES A L'ETUDE

Les variables collectées dans cette étude ont été schématisées dans la figure 6. On y distingue quatre niveaux de variables: un premier niveau représentant les variables socio-économiques qui caractérisent les ménages et les sujets, puis à un deuxième

niveau, des variables découlant de l'intervention et qui sont les Connaissances-Attitudes et Pratiques, la consommation des aliments riches en VA d'où se déduisent les apports. Le troisième niveau de variables est constitué par le rétinol sérique, qui est utilisé comme indicateurs de statut en VA. Enfin, un dernier niveau de variables se compose de variables relatives à la morbidité des enfants, leur état nutritionnel, âge et sexe ainsi qu'à l'état physiologique des mères.

Toutes ces variables ont été classées sous deux rubriques correspondant aux variables dépendantes et à celles indépendantes.

Figure 6: Présentation de variables mesurées



3.5.1. Variables dépendantes⁹

3.5.1.1. *Le rétinol sérique, comme indicateur du statut en vitamine A*

Le choix d'utiliser le rétinol sérique comme indicateur du statut en VA présente certes des inconvénients, dont le plus important pour notre étude est le fait d'être influencé par de nombreux facteurs. Nous avons déjà développé ces aspects dans une section antérieure, relative aux méthodes d'évaluation du statut en VA.

Mais ce choix a aussi ses avantages; d'abord, il est beaucoup moins cher que les autres méthodes, et ensuite, on peut plus facilement mettre la méthode en place sur le terrain. En effet, les effectifs assez élevés et le travail dans des zones assez éloignées des centres disposant des équipements de laboratoire et de conservation n'auraient pas permis de s'orienter vers les indicateurs des réserves de l'organisme, ni vers d'autres indicateurs encore plus difficiles à mettre en œuvre comme la dilution isotopique. Par ailleurs, on admet que si le niveau du rétinol sérique d'un individu représente mal son statut, sa distribution au sein d'une population constitue une bonne information pour évaluer le statut d'une population et les programmes d'intervention (10, 123, 146). La méthode de mesure du rétinol sérique sera présentée dans le chapitre consacré aux outils de mesure utilisés dans cette recherche.

Dans cette étude, nous avons considéré le rétinol sérique d'une part comme une variable continue (teneur moyenne) et d'autre part, sous forme de variables catégorielles. Sur la base des seuils établis par l'OMS, nous avons classé les sujets selon quatre catégories: i) teneurs supérieures à 1,05 $\mu\text{mol/l}$; ii) teneurs comprises entre 0,70 et 1,049 $\mu\text{mol/l}$; iii) teneurs comprises entre 0,35 et 0,69 $\mu\text{mol/l}$; iv) teneurs inférieures à 0,35 $\mu\text{mol/l}$. Pour les analyses statistiques, et sur la base d'un seuil de 0,70 $\mu\text{mol/l}$, nous avons retenu deux classes, distinguant celles des sujets à faible teneur des autres (146).

Il faut souligner ici que les variables dépendantes sont constituées en réalité par l'évolution du rétinol sérique entre le passage 1 et le passage 3 pour la variable

⁹ Les apports alimentaires et les CAP sont en réalité tantôt des variables dépendantes ou indépendantes.

continue, et par le rapport des prévalences des faibles teneurs des deux passages dans le cas de la variable catégorielle.

3.5.1.2. Les apports en vitamine A

Les apports en VA d'un individu reflètent sa consommation d'ASVA, et particulièrement d'HPR dans cette étude. Ils ont été calculés selon diverses modalités: les apports totaux pour chacune des trois séries de facteurs de conversion (à savoir les facteurs conventionnels, ceux proposés par de Pee et les nouvelles recommandations de l'Institute of Medicine des USA), les apports selon la source alimentaire en distinguant les sources végétales globales des sources animales, les quantités consommées d'HPR, de fruits, de produits animaux et de du lait maternel pour les enfants. Ces apports en EAR sont complétés par le pourcentage de couverture des apports de sécurité et par la contribution des diverses sources alimentaires aux apports totaux. La prise en compte de l'apport de sécurité permet d'une certaine manière, de contrôler l'effet de l'âge des enfants et du statut physiologique des mères.

Des variables catégorielles ont été également établies, notamment les tertiles et les quartiles des apports VA qui donnent une présentation beaucoup plus complète de la distribution des apports, connus pour être généralement asymétrique, et des classes de taux de couverture des apports de sécurité par les apports totaux :

- Une classification en 4 classes (1: $<0,30$; 2: $>0,30$ et $\leq 0,625$; 3: $>0,625$ et $\leq 1,0$; 4: $> 1,0$).
- Une classification en 2 classes (apport insuffisant : $\leq 0,625$; apport adéquat: $> 0,625$). Ce seuil a été obtenu sur la base d'un coefficient de variation des besoins de 30% pour un groupe d'âge et de sexe dans une population de référence et sur le fait que le niveau des apports de sécurité se situe à deux écarts types au-dessus du besoin moyen.

3.5.1.3. Les Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) des femmes

Les données nécessaires pour construire ces variables ont été collectées lors des interviews des mères, aux trois passages de l'évaluation. Le questionnaire du passage 1 diffère des deux suivants, car des variables CAP spécifiques à la

réponse au projet se sont ajoutées aux plus générales du passage 1 d'enquête: questions relatives au délai d'achat de l'huile, au mode d'utilisation, à la connaissance des groupes cibles et des doses recommandées, mais aussi jugement sur la disponibilité, le goût et le prix de l'huile.

Les connaissances correspondent au niveau d'informations détenues ou acquises par les mères sur la carence en vitamine A, les aliments sources de VA, l'HPR et les messages du projet. Les attitudes indiquent leur perception et leur position par rapport aux informations ou vis-à-vis des messages délivrés par le projet. Les pratiques traduisent les actes concrets et sont, à un certain degré, influencées par les connaissances et les attitudes, mais d'autres facteurs comme le revenu interviennent.

Nous avons regroupé toutes les variables selon 4 catégories. Chaque variable a fait l'objet d'un recodage ordinal différent de celui qui a été utilisé pendant les interviews. Les comportements ou réponses adéquates ont les codes les plus élevés, et inversement les codes les plus bas ont été affectés aux réponses défavorables. Différents regroupements de variables ont été essayés, dans l'optique de calculer des scores pour chaque groupe de variable, mais les tests de Cronbach, qui vérifient la cohérence et la logique interne des variables n'ont pas été concluants. Ces variables seront donc traitées séparément.

Le niveau d'implantation du projet et en particulier l'intensité et la qualité des activités de promotion sont susceptibles d'influencer l'adoption et la consommation de l'HPR, mais l'étude n'a pas prévu de collecter des données sur cet aspect. De même, certains facteurs maternels, du ménage, ou même de la communauté comme la présence de leader villageois, peuvent également jouer sur l'adoption.

3.5.2. Variables indépendantes

Les variables explicatives des changements observés dans le cadre du projet pilote peuvent être classées conceptuellement en trois catégories:

1. les facteurs médiateurs
2. les facteurs d'interaction ou modificateurs d'effet

3. les facteurs d'ajustement

Des détails sur ces trois groupes de facteurs sont donnés dans une section ultérieure consacrée aux analyses statistiques.

Les variables indépendantes ont été présentées dans les sections qui suivent, en les regroupant selon qu'elles sont liées à l'intervention, aux enfants, aux mères ou aux ménages.

3.5.2.1. Les variables liées à l'intervention

Ce sont essentiellement les facteurs qui attestent de l'implantation de l'intervention dans la population. Ils traduisent l'efficacité avec laquelle les activités ont été menées sur le terrain eu égard aux prévisions. De la performance de ces activités de promotion dépendent en grande partie la réaction des mères quant à l'acceptation et l'adoption de l'HPR. Il faut remarquer que ces facteurs qui sont vus ici comme des facteurs explicatifs de l'évolution des apports, peuvent aussi être traités comme des variables réponses, dans la mesure où l'implantation du projet est également un résultat. Ces variables ont été présentées dans la section 3.5.1.3. ci-dessus.

3.5.2.2. Les variables liées à l'enfant

Les variables liées aux enfants concernent :

- 1) l'âge des enfants qui a été relevé au premier passage, soit directement à partir de documents administratifs pour la majorité d'entre eux, soit à partir d'interview pour certains enfants. Le remplacement des ménages non consentants lors du premier passage a conduit certaines enquêtrices à accepter des enfants trop jeunes, mais nous les avons soustrait des analyses. L'âge précis au passage suivant a été automatiquement calculé à partir de la date d'enquête. Le fait de suivre les mêmes enfants implique que l'échantillon a vieilli d'environ deux années à la fin de l'intervention.
- 2) L'état de santé des enfants a été apprécié dans cette étude par l'existence d'un état morbide au cours des quinze derniers jours ainsi que par sa durée. Le rappel des affections des enfants à partir d'une interview de rappel des mères est souvent

utilisé. Cette approche a été validée par Kalter et al (1991) pour la diarrhée et les infections respiratoires accompagnées de fièvre (Rousham et al, 1998). Quant aux symptômes de toux et de dyspnée, ces manifestations sont bien connues. L'antécédent rougeoleux au cours des 12 derniers mois a été relevé, selon le critère d'une fièvre accompagnant une éruption cutanée et une rhinite aiguë. Comme dans la plupart des enquêtes épidémiologiques, la diarrhée a été définie comme l'émission d'au moins trois selles liquides par jour (OMS, 1994).

3) Les données anthropométriques ont été obtenues par prise du poids et de la taille des enfants à chaque passage. Les valeurs moyennes des indices anthropométriques exprimées en z-score, et les proportions des enfants selon le seuil de -2 z-scores ont été utilisées comme variables dans les analyses. Le statut initial a été utilisé comme variable modificatrice potentielle tandis que le statut à chaque passage a servi de variable d'ajustement.

4) Les informations sur la prise de capsules en VA par les enfants à l'occasion des campagnes de supplémentation ont été traitées pour distinguer ceux qui l'ont pris moins de quatre mois avant les prises de sang de ceux qui n'en ont pas pris ou qui en ont pris il y a plus de 4 mois. Comme on recommande de donner aux enfants une capsule 2 à 3 fois par année, nous avons considéré que le seuil de 4 mois représente la durée limite de protection.

3.5.2.3. Les variables liées à la mère

L'âge, l'activité principale, le niveau scolaire, et le nombre d'enfants de moins de cinq ans vivants et le nombre d'enfants d'âge préscolaire ont été relevés au passage 1.

L'état physiologique a distingué les femmes enceintes, celles qui allaitaient et celles qui n'étaient ni enceintes ni allaitantes à chacun des trois passages.

Concernant l'activité principale de la mère, nous avons opéré les regroupements des modalités de façon à distinguer les agricultrices de celles qui exercent principalement une activité génératrice de revenus comme le petit commerce et l'artisanat. Quant au niveau scolaire, le questionnaire avait prévu cinq situations: i) les femmes ayant un niveau secondaire ou plus, ii) celles qui ont eu le niveau primaire, iii) celles qui ont été alphabétisées, iv) celles qui ont fréquenté l'école coranique et v) celles qui n'ont jamais été à l'école. Ces modalités ont été

regroupées de façon à distinguer les mères ayant fréquenté l'école formelle (école primaire) des autres.

Quant au nombre d'enfants d'âge préscolaire, on estime qu'il peut être un proxy du temps dont dispose la mère pour s'occuper des enfants.

3.5.2.4. Les variables liées au ménage

Nous avons regroupé sous cette section les facteurs paternels relatifs au niveau d'éducation et à l'activité principale. Ces variables ont été collectées uniquement au passage 1 et ont fait l'objet du même type de codage que pour les mères.

Les informations sur le statut matrimonial ont été collectées à chaque passage de façon à distinguer les familles monogames des polygames.

3.6. METHODES ET OUTILS DE MESURE

Cette section est consacrée aux méthodes et aux outils de mesure que nous avons mis en œuvre dans le cadre de l'étude. Elle présentera successivement les méthodes biochimiques, les méthodes anthropométriques, les questionnaires et le déroulement des enquêtes.

3.6.1. Méthodes biochimiques

3.6.1.1. Collecte des échantillons de sang

Le statut en vitamine A a été évalué par la détermination de la teneur en rétinol sérique.

Toutes les mesures de sécurité ont été prises pour le prélèvement, notamment le travail avec des gants et l'utilisation de matériel à usage unique.

On a considéré que le moment de la journée n'avait pas d'effet sur la concentration sérique de rétinol. 5 à 10 ml de sang ont été prélevés entre 6 heures et 9 heures du matin dans un tube vacutainer de 5 ml par un technicien de santé à partir d'une veine superficielle de la main chez tous les enfants. Après environ 2 heures de repos, les tubes ont été centrifugés et le sérum récupéré dans des micro-tubes de 1,8 ml. Ceux-ci ont été étiquetés, recouverts de papier aluminium afin de les protéger de la lumière, et placés au congélateur après identification. Les sera ont été transférés à -32°C dans un délai de 48 h à Ouagadougou.

3.6.1.2. Dosage du rétinol sérique

Le dosage du rétinol sérique est intervenu dans un délai inférieur à 4 mois, mais certains échantillons du premier passage l'ont été après 12 mois. Les essais réalisés 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 (258, 259). Cependant, des résultats obtenus au Danemark indiquent une probable perte significative de rétinol après 12 mois de conservation du sérum à -20°C (260).

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de toxicologie et de chimie analytique de l'Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Santé (UFR/SDS) de l'Université de Ouagadougou (Burkina Faso), selon une méthode adaptée de celle de Sapin (261). Ce laboratoire permet de maintenir une température basse et stable dans la pièce, et est équipé d'une centrifugeuse réfrigérée et d'un spectrophotomètre pour vérifier le spectre et mesurer l'absorbance en vue de déterminer la concentration des solutions des standards. Un éclairage adapté au dosage du rétinol et des caroténoïdes a été mis en place durant toutes les manipulations. Le système HPLC utilisé se compose d'une pompe Altech, 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 réalisée dans une colonne phase reverse de type C18 Nucleosyl, et utilisant une phase mobile constituée de méthanol (95%), acétonitrile (3%) et eau bi-distillée (2%), à un débit de 2 ml/mn. La détection a été faite à 325 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. Pour chaque échantillon de sérum, nous avons fait deux essais et retenu la moyenne des deux teneurs.

3.6.1.3. L'interprétation de la teneur de la rétinolémie

La teneur du rétinol sérique en dessous de laquelle un état de carence en vitamine A est objectivé a été revu par l'OMS en 1996 (146). 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 des populations, les niveaux de prévalence retenus pour considérer que la carence en vitamine A constitue un problème de santé publique sont donnés au tableau XI :

Tableau XI: Grille d'interprétation des niveaux de gravité de la carence en VA

Niveau de gravité de problème de santé publique	Seuils
légère gravité	2 à 10% de sujets carencés
gravité modérée	10 à 20% de sujets carencés
gravité sévère	Plus de 20% de sujets carencés

Source: OMS, 1996

3.6.2. Méthodes anthropométriques

3.6.2.1. Collecte des données anthropométriques des enfants

L'anthropométrie nutritionnelle a été réalisée sur tous les enfants aux trois passages, dans la même enceinte que celle retenue pour les prélèvements sanguins. Toutes les mesures de taille et de poids ont été assurées par nos soins, avec l'aide d'une animatrice préalablement formée.

La taille a été mesurée pieds nus, sur une surface bien plane et horizontale. Elle se fait en position debout chez les enfants de 2 ans et plus, couchée chez les moins de 2 ans. La toise utilisée permettait une lecture au millimètre près et a été

régulièrement vérifiée avant chaque séance. L'aide immobilise l'enfant au niveau des pieds et des genoux qu'elle place bien à plat, en évitant les cambrures et autres positions néfastes à la bonne prise de la taille. L'opérateur veille au bon port de la tête, manipule le curseur et procède à la lecture.

Quant aux pesées, une balance électronique de marque SECA 770 à affichage numérique d'une précision de 100 g et d'une portée de 150 Kg a été utilisée. Cette balance permet d'avoir le poids de l'enfant par double pesée de la mère avec et sans son enfant. Son exactitude a été vérifiée à l'aide de poids étalon. Une vérification est réalisée le matin avant le départ sur le terrain, puis systématiquement après 15 mesures. Les enfants ont été pesés déshabillés.

Au cours des pesées du premier passage, nous avons rencontré des difficultés de fonctionnement des balances, ce qui nous a obligé à obtenir le poids des enfants par différence. De ce fait, nous avons soustrait le Poids-Taille de toutes les analyses.

3.6.2.2. Traitement des données anthropométriques

Les indices anthropométriques Poids-Taille et Taille-Age des enfants ont été établis en score d'écart-type (ET) de la population de référence OMS en utilisant le logiciel EPINUT. Le seuil conventionnel de - 2 ET a été utilisé pour définir respectivement une émaciation et un retard de croissance.

3.6.3. Morbidité récente des enfants

Les informations sur la morbidité des enfants ont été recueillies auprès des mères. Les questions ont été intégrées au questionnaire CAP des mères. Elles ont été posées à l'occasion de l'interview, à la suite des CAP et des fréquences de consommation. On s'intéressait d'abord à savoir si l'enfant a été ou non malade au cours des quinze derniers jours. Dans l'affirmative, on donnait au fur et à mesure à la mère, les noms de quatre affections choisies en raison de leur fréquence et on lui demandait de dire si l'enfant était atteint de cette affection. Pour les affections que l'enfant a contractées, le questionnaire prévoyait de demander la durée de l'affection.

3.6.4. Questionnaires

3.6.4.1. Questionnaire sur les CAP des mères en lien avec l'HPR, les aliments sources de vitamine A et la cécité nocturne

Ces données ont été collectées à l'aide d'un questionnaire administré aux mères des enfants ciblés et sélectionnés dans l'échantillon, dans les villages retenus pour l'enquête. Outre les données d'identification et de statut socio-économique, les questions qui ont été retenues concernent l'appréciation des connaissances des mères sur l'HPR et la vitamine A, de même que leurs attitudes et pratiques. Elles ont également trait à certains déterminants de l'acceptation et de l'accès à l'HPR, et à ceux qui influencent le statut vitaminique A, la morbidité récente des enfants et la prise de fortes doses de vitamine A sous la forme de capsules distribuées par les services de santé dans le cadre des campagnes annuelles.

Une copie du questionnaire utilisé au passage 3 est présentée dans les annexes. Des modifications ont été apportées sur le questionnaire à partir du deuxième passage; elles portent sur des informations déjà connues comme le niveau de scolarité, sur des précisions à la lumière de l'analyse des données de la première enquête et sur les indicateurs spécifiques de la réponse des femmes au projet.

Les populations de la zone d'intervention parlent mooré, la langue locale la plus répandue et sont, dans leur grande majorité peu scolarisées. Dès lors, le questionnaire devant servir à l'enquête a été traduit du français au mooré et retraduit en français par une autre personne. Cette opération de traduction s'est opérée sans difficulté majeure, en dehors du fait que certains termes n'existent pas en mooré. Par exemple le mot vitamine est repris tel quel en mooré, ce qui fait que le terme vitamine A a été lui aussi maintenu. Par contre, l'affection causée par la carence est bien connue sous le nom de "*Yundzondo*" ce qui est une indication du caractère assez répandu de la carence.

Avant d'être reproduit puis utilisé dans l'enquête, le questionnaire a été soumis pour lecture et commentaires à des personnes de divers profils. Ainsi, deux nutritionnistes ont pu faire des remarques avant la formation des enquêtrices au cours de laquelle ces dernières ont eu également l'occasion de réagir sur le

questionnaire. Enfin, des séances de pré-enquête ont eu lieu sur le terrain, dans des villages hors projet, avant la vraie enquête

3.6.4.2. Questionnaire de fréquence de consommation des aliments sources de vitamine A

Les informations ont été collectées par enquête auprès des mères, en utilisant des questionnaires appropriés. Pour la consommation des produits riches en VA et de l'HPR, un questionnaire de fréquence de consommation a été développé sur la base de la méthode validée et utilisée par Delisle et Bakari au Niger (171) à partir d'une adaptation de la méthode de l'IVACG. A la différence de la méthode originale de l'IVACG qui calcule des indices, celle que nous avons utilisée est "questionnaire" de fréquence de type quantitatif, car elle permet d'estimer les quantités. En effet, cette méthode comporte plusieurs étapes, conduisant à l'estimation des quantités d'ASVA consommées et des apports correspondants. Nous avons commencé par faire, à la faveur des discussions de groupe, un inventaire des aliments locaux riches en VA et des plats cuisinés consommés dans les villages. Cet inventaire a été complété par les recettes de plats préparés qui ont permis de connaître les quantités d'ingrédients par type de plat et les rendements de la préparation, et aussi par un inventaire des mesures ménagères et commerciales locales. Cette partie du travail a bénéficié de la participation d'une étudiante de Maîtrise en Sciences et techniques, option Nutrition et Sciences Alimentaires de l'Université de Ouagadougou. Puis une table de composition des aliments simples et des plats cuisinés a été établie, en utilisant les données les plus récentes, et en séparant le rétinol des caroténoïdes provitamines A, dont nous avons exprimé la teneur en Equivalent β -Carotène (EBC), puis en μg d'équivalent rétinol selon les trois séries de facteurs de conversion du β -carotène en rétinol.

Puis le questionnaire de fréquence de consommation a été établi grâce à la liste des aliments et leurs portions en mesures ménagères ou commerciales. Sur ce questionnaire vingt-six aliments riches en VA ont été prévus, mais cette liste est valable uniquement pour cette période de l'année, (tard dans la saison sèche et au début de la saison des pluies). C'est la période de soudure, caractérisée par la rareté de feuilles et légumes verts, et la baisse des stocks de produits séchés de la saison précédente.

Cette liste d'aliments se compose de:

- 1) Sept aliments d'origine animale (foie de volaille, foie de petits ruminants, lait entier, lait en poudre, beurre local, beurre, œuf);
- 2) Cinq fruits et légumes (carotte, piment, mangues, papayes, patates douces, et néré);
- 3) Neuf sauces (contenant des feuilles vertes fraîches ou séchées ou des légumes verts) et autres plats;

Un rappel sur une semaine a été fait pour les aliments d'origine végétale, rappel qui s'est prolongé sur un mois pour les denrées animales en raison de leur consommation moins fréquente.

3.6.4.3. Collecte des données socio-économiques

Nous avons collecté des informations concernant l'effectif des enfants nés vivants de la femme, le nombre d'enfants d'âge préscolaire, de même que l'activité principale, le niveau scolaire, le statut matrimonial des parents, par enquête auprès des mères.

L'âge des enfants a été relevé sur un document administratif (acte de naissance de préférence). Dans les ménages où il était impossible de connaître la date de naissance exacte de l'enfant, des repères de certaines dates significatives ont été mis à profit pour retrouver la date de naissance avec le maximum possible de précision. Une attention particulière a été portée à ce sujet lors de la formation des enquêtrices.

3.6.5. Déroulement de l'enquête

3.6.5.1. Recrutement et formation des enquêtrices

Trois enquêtrices ont été recrutées pour les besoins de l'enquête CAP et de consommation auprès des mères, toutes les trois résidaient dans la zone d'étude, ce qui représentait un atout car permettant une approche adaptée aux habitants. Elles avaient en outre déjà occupé des emplois d'animatrices dans d'autres

villages que ceux de l'enquête pour le compte des services de l'agriculture et d'une ONG et avaient déjà, en raison de leurs activités antérieures, une certaine expérience du travail de terrain, et de l'approche du milieu rural. De plus, elles ont participé à la formation organisée au mois de mars 1999 pour les animatrices du projet, et consacrée à une meilleure connaissance des problèmes de la carence en VA et du projet.

La formation préparatoire à l'enquête a duré trois jours et comportait deux volets, l'un théorique, l'autre pratique. Pendant la phase théorique de la formation, les enquêtrices ont été sensibilisées sur la problématique de la recherche et de l'importance des tâches qui seront les leurs. Des recommandations leur ont été faites pour la conduite des enquêtes, puis les versions française et mooré du questionnaire ont été expliquées et discutées de façon à en harmoniser la compréhension. Au niveau pratique, la formation a insisté sur la présentation et la prise en main des matériels destinés à l'enquête. Il s'agissait principalement des mesures ménagères devant servir à l'enquête de consommation alimentaire. Mais cette formation pratique a surtout consisté en une pré-enquête effectuée dans un village en dehors de la zone du projet. Un guide de l'enquêteur a été préparé et mis à la disposition des enquêtrices.

3.6.5.2. Conduite des interviews

Les interviews ont été réalisés au premier passage par trois animatrices enquêtrices sous notre supervision. Aux deux passages suivants, nous avons choisi une seule enquêtrice avec qui nous avons réalisé toutes les enquêtes, afin de minimiser les différences inter enquêtrices constatées au premier passage.

Toutes les interviews ont eu lieu en période de soudure. En zone sahélienne, cette période se situe de mars-avril jusqu'aux premières récoltes et se caractérise par une faible disponibilité alimentaire et un épuisement des revenus généralement d'origine uniquement agricole, associés à une lourde charge de travail imposée par les travaux champêtres. En outre, la saison des mangues se situe à sa fin. Il s'agit donc d'une période qui ne reflète pas la situation de toute l'année, mais qui est indiquée pour ce genre d'enquête car elle met à l'abri des surestimations et permet de cerner la situation la plus défavorable. Cela correspond aux

recommandations formulées par Hellen Keller International pour évaluer la consommation alimentaire de vitamine A au niveau de la communauté (168).

Le recours à la semaine comme repère pour le rappel des denrées végétales a été aisé car un terme existe en langue locale pour exprimer la semaine "*Dar yopoué lin*"; elle n'est pas non plus confondue avec les jours de marché comme c'est le cas dans d'autres parties du pays. Par contre, le rappel sur le mois pour les produits animaux exige plus de mémoire de la part des femmes et a posé davantage de problèmes. Il a fallu, pour chaque village, trouver une activité ou un événement marquant ayant eu lieu dans le village environ un mois avant.

Des dispositions ont été prises pour assurer la présence effective de toutes les femmes aux interviews. Elles étaient réalisées tôt le matin, après que les mères aient terminé leurs occupations matinales et avant qu'elles ne commencent la cuisine lorsqu'elle est faite pour midi. Elles ont eu lieu au domicile des femmes, et ont eu une durée variant entre 30 et 45 minutes en moyenne.

3.7. TRAITEMENT, ANALYSE STATISTIQUE ET INTERPRETATION DES DONNEES

3.7.1. Table de composition en vitamine A

Elle a été établie à partir de plusieurs sources et donne les valeurs de rétinol, β -carotène et autres carotènes pour 100 g de partie comestible. Les valeurs proviennent des analyses de feuilles vertes publiées par Delisle et al (65). Des données publiées par beaucoup d'autres auteurs ont également été utilisées (198, 219, 230, 262, 263). Lorsque des valeurs différentes sont données par plusieurs auteurs, le recours au dosage par High Performance Liquid Chromatography (HPLC) a été utilisée comme critère discriminatoire. La valeur teneur de l'HPR utilisée dans notre étude est de 113 μg EAR / g d'HPR. Nous l'avons obtenu en considérant la moyenne de la valeur donnée par West et Poorliet (230) et celle trouvée par notre équipe (dosage de Guylaine Gevry à l'université de Montréal) avec des échantillons prélevés au Burkina Faso, dans la zone de production de l'HPR. Cette valeur est légèrement supérieure à la teneur que nous avons trouvée

nous même sur les échantillons d'HPR, juste avant de les acheminer sur les sites d'intervention et qui est de 105 μg EAR/g.

Outre les méthodes d'analyse, les autres sources de variance dans la teneur en VA d'un même produit sont le stade de la récolte, les conditions et la durée d'entreposage ainsi que les transformations et la composition du sol (262).

La table proposée pour cette étude a tenu compte des parties non comestibles. Lorsque plusieurs variétés de denrées ont été listées, celle consommée dans la région d'étude ou le cas échéant dans la plus proche a été choisie. Si plusieurs valeurs sont applicables à partir de ces critères, une valeur moyenne est calculée. La table des teneurs en VA est donnée en annexe. Aucune valeur cependant n'a été trouvée sur la teneur de la patate douce jaune bouillie. Pour cela, nous avons mis à profit le taux d'augmentation du poids du fait d'une absorption d'eau lors de la cuisson des patates. Les proportions obtenues à partir des données publiées par Hagenimana (198) pour la patate douce a été extrapolée à celles consommées au Burkina.

3.7.2. Calcul et interprétation des apports alimentaires de vitamine A

Les valeurs de rétinol pour les denrées animales et de β -carotène pour les végétaux et certains produits animaux sont calculées à partir des portions consommées, des valeurs de la table de composition alimentaire et de la périodicité. On a tenu compte du fait que les quantités consommées sont hebdomadaires pour les végétaux et mensuelles pour les produits animaux pour ramener à une consommation quotidienne. En exprimant les apports de végétaux en équivalent β -carotène (EBC), on évite d'appliquer d'emblée les facteurs de conversion du β -carotène en rétinol, lesquels ne font pas consensus. Les apports en rétinol ont toutefois été calculés en utilisant trois facteurs de conversion différents, ceci afin d'établir les variations dans la mesure des apports de VA imputables aux différences entre ces facteurs: les facteurs conventionnels (FAO, 1989) soit 6 μg β -carotène de plats mixtes pour 1 μg EAR, ceux proposés par de Pee pour les fruits, les feuilles vertes et les carottes (de Pee et al, 1998), soit 12 μg et 26 μg de β -carotène respectivement pour 1 μg EAR et ceux officiellement

adoptés par l'Institute of Medicine des Etats Unis (95), soit 12 μg de β -carotène de plats mixtes pour 1 μg EAR

Chez les enfants, nous avons retenu l'apport de sécurité de la FAO/OMS (400 μg EAR par jour) (16) et tout apport en dessous de cette valeur augmente le risque d'apport insuffisant du groupe. Le risque est jugé élevé si l'apport est inférieur à 250 EAR par jour, modéré s'il est entre 250 et 350 EAR/jour et faible dans le cas où l'apport est inférieur à 400 mais supérieur à 350 EAR/jour (169). Les niveaux d'apport de sécurité recommandés par la FAO/OMS pour les femmes enceintes (600 μg EAR), allaitantes (850 μg EAR) et les autres (500 μg EAR) ont été considérés.

3.7.3. Estimation des apports de rétinol dus à l'allaitement

Pour les enfants allaités (120 au passage 1 et 23 au passage 2), nous avons estimé les apports du lait à partir du lait maternel en deux étapes. Nous avons d'abord retenu les quantités de lait consommé par les enfants en fonction de leur âge, sur la base d'études réalisées dans divers contextes. Peu d'information existe sur la consommation de lait chez les enfants au-delà de 12 mois. Des données obtenues à partir d'estimation par pesée avant et après tétée dans des pays en développement font état d'une consommation moyenne de 500 g (264-266), pour les enfants ayant entre 12 et 23 mois. En ce qui concerne les enfants de notre étude, ceux-ci consomment les plats familiaux, ce qui réduit leur consommation de lait. Faute de données nationales sur les volumes ingérés, nous avons arbitrairement retenu une consommation de 300 ml au lieu de 500 ml pour les enfants de 12 à 24 mois et une consommation de 100 ml au-delà de 24 mois. Nous avons utilisé la concentration en rétinol du lait des femmes allaitantes de la zone d'étude qui était de 37,8 μg EAR/dl, pour calculer la quantité de rétinol apporté par jour par le lait maternel, qui est de 100 μg EAR pour les enfants de 12 à 23 mois et de 40 μg EAR pour ceux de plus de 24 mois. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celle de 120 ± 15 μg EAR rapportée par l'OMS comme apport maximal de rétinol à partir de lait chez les nourrissons (16).

3.7.4. Analyses statistiques

Dans cette recherche, une plus grande importance a été accordée aux analyses permettant d'évaluer l'impact sur le statut en VA, compte tenu de l'objectif principal du projet et de l'importance des données récoltées au cours des trois enquêtes. Ce faisant, certains aspects, notamment ceux relatifs aux Connaissances, Attitudes et Pratiques n'ont été que partiellement traités. Il en est de même que l'évaluation de processus qui n'a pas été abordé, car il est prévu à l'issue d'une deuxième phase du projet.

3.7.4.1. Étapes préliminaires

3.7.4.1.1. Prise en compte des caractéristiques du plan sondage et du caractère longitudinal de l'étude.

Le plan d'échantillonnage utilisé pose la question de la prise en compte des probabilités de tirage au sort inégales (taux de sondages différents suivant les strates). En effet, le même nombre de ménages a été tiré au sort dans chacun des 7 villages alors que ceux-ci ont des tailles très inégales. La proportion de chaque village ou secteur dans l'échantillon ne représente donc pas celle qu'il a dans la population à laquelle on souhaite inférer (l'ensemble des 7 villages sur lesquels porte l'évaluation); ne pas tenir compte de ce fait reviendrait à inférer les résultats observés sur l'échantillon à une population fictive dont la répartition dans les différents sites serait identique à celle observée sur l'échantillon, c'est à dire une répartition égale pour les différents sites, avec des risques de biais pour les estimations des moyennes et des prévalences (267).

Nous avons pris en compte cette situation en utilisant des poids de sondage dont le tableau XII récapitule ces éléments pour les 7 secteurs échantillonnés.

Tableau XII: Taux et poids de sondage suivant les strates

Nom du village	Effectif (nombre de ménages éligibles)	Nombre de ménages tirés au sort au passage 1	Probabilité de Sélection d'un Ménage (=taux de sondage dans la strate)	Poids de sondage (inverse de la probabilité de sélection)
Dahisma	48	30	$30/48=0,63$	1,60
Dondollé	71	30	$30/71=0,42$	2,37
Fanka	159	30	$30/159=0,19$	5,30
Kanretenga	95	30	$30/95=0,32$	3,17
Konean	126	30	$30/126=0,24$	4,20
Silmiougou	161	30	$30/161=0,19$	5,37
Secteur 4 Kaya	508	30	$30/508=0,06$	16,93

D'autre part, comme l'on peut le constater dans le tableau ci-dessus, pour certains villages et/ou secteur, les taux de sondage sont élevés, ce qui ne permet pas l'application des formules habituelles de calcul de variance basées sur l'indépendance des tirages (qui sont applicables quand le taux de sondage ne dépasse pas 10%). Dans notre cas il est nécessaire de prendre en compte, pour chaque strate, un facteur d'exhaustivité $1-f$ où f est le taux de sondage dans la strate. Il est à noter que cette correction, qui a pour effet de diminuer les variances, va dans le sens d'un plus grande puissance des tests.

Enfin, il a été nécessaire de tenir compte du caractère longitudinal de l'étude. Les mêmes sujets ayant été suivis au cours du temps, les mesures effectués sur les mêmes individus à des passages différents ne sont pas indépendantes. Cette non-indépendance, qui a des effets importants sur les variances d'estimation et donc sur les tests et les intervalles de confiance, a été prise en compte via un effet aléatoire sujet, ce qui est équivalent à considérer dans chaque strate, chaque sujet comme une grappe, au sens communément employé dans les plans de sondage (corrélation intra-sujet constante).

La prise en compte de ces divers éléments dans toutes les analyses a nécessité l'emploi d'un logiciel offrant les fonctionnalités adéquates, notamment SUDAAN version 7.5 pour Windows (268).

3.7.4.1.2. Prise en compte des manquants et perdus de vue

Un problème que posent les manquants réside dans le fait de changer éventuellement la structure initiale de l'échantillon. Supposons par exemple que les enfants qui sont manquants pour le rétinol sérique au passage 3 soient composés essentiellement de garçons, ou encore que ce soient uniquement les mères ayant de nombreux enfants préscolaires qui sont absentes. Dans une telle situation, l'échantillon terminal représente mal l'échantillon initial et il est nécessaire de corriger. Selon les analyses préliminaires que nous avons réalisées, il est ressorti que c'est sur une strate qu'il y avait un grand déséquilibre entre le passage 1 et les passages 2 et 3. Nous avons donc procédé à un redressement sur la variable strate, mais nous aurions pu le faire également sur d'autres caractéristiques, notamment socio-économiques, mais non seulement ces dernières n'étaient pas justifiées, mais elles seraient compliquées à faire. La prise en compte des poids de sondage et de redressement sur la variable strate nous ont permis de redonner à chaque village son poids réel, mais seulement du point de vue quantitatif. Ce faisant, elle ne résout pas le problème des biais potentiels.

Les poids de redressement sur la variable strate sont présentés au tableau XIII ci-dessous. La notion de modélisation "données incomplètes" apparaissant dans ce tableau fait allusion aux sujets manquant des données à au moins un des passages, par opposition à ceux qui avaient des données "complètes", c'est à dire disponibles pour tous les passages. Nous avons opté de travailler avec des données "incomplètes", car d'une part cela permet de conserver le maximum d'informations, et d'autre part les méthodes statistiques offrent cette possibilité d'analyses (269).

Tableau XIII – Poids de sondage et poids de redressement¹⁰

Nom du village	Effectif (nombre de ménages éligibles)	Tirage au sort passage 1		Poids de sondage ménage (inverse de la probabilité de sélection)	Effectifs enfants si "modélisation données incomplètes"		Poids de "redressement" Pour données manquantes	
		ménages	enfants		Passage 1	Passage 3	Passage 1	Passage 3
Dahisma	48	30	32	1,60	29	25	1,03	1,20
Dondollé	71	30	30	2,37	28	15	1,07	2,00
Fanka	159	30	31	5,30	30	27	1,00	1,11
Kanretenga	95	30	30	3,17	27	17	1,11	1,76
Konean	126	30	30	4,20	29	22	1,03	1,36
Silmiougou	161	30	30	5,37	24	17	1,25	1,76
Secteur 4 Kaya	508	30	31	16,93	27	14	1,11	2,14
Total zone		210	214		194	137		

¹⁰ Tous les calculs dans cette section ont été faits en considérant les données manquantes du rétinol sérique, chez les enfants.

Toutes les analyses statistiques réalisées dans le cadre de cette étude ont tenu compte de la pondération finale qui est le produit du poids de sondage par le poids de redressement.

3.7.4.1.3. Fichier de données "rétinol" et fichier de données "apports"

Deux fichiers différents, l'un pour les analyses impliquant le rétinol et l'autre pour les analyses qui l'excluent ont été construits. Ceci a été nécessaire car les sujets manquants au niveau des apports étaient beaucoup moins nombreux que ceux du rétinol. En outre, les sujets manquants pour le rétinol n'étaient pas forcément absents pour les apports, mais cela concernait un nombre limité de cas. Cette différence en termes d'effectif et de sujet entre les données de rétinol et celles des apports et des autres variables a nécessité le calcul de deux poids de redressement correspondant à ces deux cas. Cela s'est traduit de fait par la prise en compte de deux bases de données, l'une pour les analyses impliquant le rétinol sérique, et l'autre pour les analyses nécessitant l'utilisation des variables d'apports.

3.7.4.2. *Analyses proprement dites*

L'examen de la distribution des apports et du rétinol sérique a fait apparaître des écarts aux hypothèses classiques des modèles basés sur la loi normale. La stratégie d'analyse était alors soit d'utiliser des tests ne faisant pas d'hypothèses aussi contraignantes (tests non paramétriques), soit de travailler sur des variables transformées, soit de conserver les données telles quelles. La stratégie consistant à utiliser des tests non paramétriques n'a pas été retenue car à en dehors de quelques analyses simples, ceux-ci ne permettaient pas, à notre connaissance de prendre en compte toutes les caractéristiques du protocole de recueil des données et de mettre en œuvre les types de modèles utilisés dans la suite du travail. Les transformations de variables que nous avons essayées n'ont pas donné des résultats suffisamment satisfaisants pour compenser leurs inconvénients classiques en terme de facilité

d'interprétation des analyses. Nous avons donc finalement choisi de travailler sur les données non transformées en gardant présent à l'esprit les précautions à prendre dans l'interprétation des résultats. Il est à noter que le problème de normalité des distributions ne se pose pas pour l'analyse des variables réponse dichotomiques et/ou ordinales résultant du choix de seuils.

3.7.4.2.1. Description de l'évolution des variables réponses

La description de l'évolution des variables réponses principales, les apports et le rétinol sérique au cours des différents passages (effet passage "brut") a été faite sur la base de moyennes pour les variables continues et des prévalences pour les variables qualitatives. Ces estimations ont été données accompagnées de leurs erreurs-types qui intègrent d'une part la variabilité observée et d'autre part les caractéristiques du protocole de recueil des données. Pour certaines variables, notamment les apports, nous avons présenté également les quartiles. L'évolution a été appréciée, pour les variables continues, par la différence des moyennes entre les passages. Pour les variables dichotomiques, nous avons calculé des odds-ratio de prévalence. Les tests et intervalles de confiance sont issus de modèles de régression univariés dont la variable explicative est le passage (régression linéaire pour les variables réponse continues, régression logistique pour les variables réponse dichotomiques). Dans tous les modèles, la distribution des statistiques de test, qui, comme indiqué plus haut, prennent en compte l'ensemble des caractéristiques du protocole de recueil des données, est celle d'un Khi^2 à un ou deux degrés de liberté (selon que l'on considère 2 ou 3 passages): Khi^2 de Wald. (268) au seuil de signification de 5%. Pour les variables à plusieurs catégories, on a utilisé des tests du Khi^2 au seuil de 5% également, ajustés pour le plan de sondage et les mesures répétées.

3.7.4.2.2. Recherche des facteurs explicatifs

Les facteurs explicatifs peuvent être conceptuellement classés dans trois groupes, à savoir le facteur médiateur, les facteurs modificateurs d'effet et les facteurs de confusion, décrits ci-dessous:

- les facteurs modificateurs d'effets potentiels: variables pour lesquelles est susceptible d'exister une interaction avec l'évolution du rétinol, c'est à dire que l'évolution différentes des variables réponses est variable selon la modalité de la variable modificatrice d'effet.

- les facteurs de confusion potentiels: variables dont la distribution dans l'échantillon est différente entre les passages, mais sans que cela puisse être attribué à une modification du statut des individus par rapport à ces variables. En effet du fait des perdus de vue, la distribution d'un certain nombre de variables (en particulier socio-économiques) a été modifiée entre les passages, surtout pour l'échantillon retenu pour l'analyse des données de rétinol sérique.

- les facteurs médiateurs de l'effet passage: variables dont la distribution se modifie au cours des 3 passages du fait de l'intervention et qui sont potentiellement explicatives de l'évolution des variables réponse (cas des apports en VA pour le rétinol sérique par exemple).

Dans l'article 2, nous avons proposé un cadre conceptuel des liens entre ces facteurs (modificateurs, de confusion et médiateurs) et la variable dépendante principale, à savoir le rétinol sérique final.

3.7.4.2.3. Stratégie d'analyse statistique

La stratégie d'analyse a consisté, pour les principales variables réponse (rétinol et apports) en la recherche d'éventuels effets modificateurs de l'effet passage. Ils ont été recherchés parmi les variables suivantes: le rétinol sérique initial, l'anthropométrie initiale, l'âge, le sexe, la prise des capsules de VA, l'état de morbidité pour les

variables liées à l'enfant. Parmi les variables liées à la mère, il y avait l'âge, le statut matrimonial, le nombre d'enfants nés vivants, le nombre d'enfants d'âge préscolaire, le niveau scolaire, l'activité principale et l'activité secondaire et enfin l'état physiologique. L'activité principale et secondaire du père, son niveau scolaire ont été également testés ainsi que le milieu (rural ou urbain) de résidence du ménage. Pour chacune des variables potentiellement modificatrices d'effet, un modèle de régression a été ajusté, (régression linéaire pour les variables réponse continues, régression logistique pour les variables réponse dichotomiques) comprenant en variables explicatives le passage, le modificateur potentiel et l'interaction entre le passage et le facteur modificateur. La détection d'un effet d'interaction "significatif" au seuil choisi mettait en évidence un effet modificateur. Pour ces variables explicatives à effet d'interaction, il eut théoriquement fallu faire des analyses désagrégées pour chaque niveau de ces variables. En raison des effectifs limités, nous n'avons pas été en mesure de procéder à cette désagrégation et nous avons dû réaliser la suite des analyses sur l'ensemble de l'effectif. Tous les facteurs modificateurs potentiels se révélant ne pas avoir d'effet d'interaction sont considérés comme des facteurs de confusion potentiels.

Ensuite, les facteurs de confusion et le facteur médiateur ont été introduits dans des modèles de régression pas à pas pour ajuster l'effet total du passage (l'évolution du rétinol sérique). Il est à noter que, du point de vue de la technique statistique mise en œuvre, celle-ci est identique qu'il s'agisse de facteurs de confusion et/ou de facteurs médiateurs, seule la connaissance des variables par l'utilisateur permet d'interpréter les résultats fournis dans l'un ou l'autre sens. Nous avons décrit dans l'article 2 la mise en œuvre et l'interprétation

3.8. CONSIDERATIONS ETHIQUES

Le projet a reçu l'autorisation du Ministère Burkinabè chargé de la Recherche et également du Comité d'éthique de la Faculté de Médecine de l'Université de Montréal. Tous les sujets de la population cible ont reçu les informations détaillées

sur le projet, après quoi, ils étaient invités s'ils désiraient participer à l'étude, à signer le formulaire de consentement éclairé. Une copie de ce formulaire se trouve dans les annexes.

Pendant les enquêtes, une petite trousse de premiers soins était disponible et servaient à faire face à des problèmes de santé mineurs dans les villages. Après les analyses sanguines, les animatrices ont informé les mères des résultats des dosages de VA, et ont donné le cas échéant, les conseils appropriés.

CHAPITRE 4 : ARTICLES PUBLIES OU SOUMIS

Dans ce chapitre, nous présentons deux articles, l'un publié et l'autre soumis, tous deux issus de nos travaux de recherche. Les résultats présentés dans ces articles proviennent des données des trois enquêtes que nous avons menées entre 1999 et 2001 dans la zone d'intervention du projet pilote.

Pour chaque article, nous donnerons notre contribution et nous insérerons les autorisations des co-auteurs ainsi que les permissions des éditeurs pour insérer ces articles dans la thèse, et enfin l'intégralité de l'article.

4.1. ARTICLE 1: ÉVALUATION DES RESULTATS D'UN PROJET PILOTE DE PROMOTION DE L'HUILE DE PALME ROUGE AU BURKINA : RESULTATS APRES 12 MOIS D'INTERVENTION

4.1.1. Notre contribution à cet article

La contribution de l'auteur de cette thèse à cet article comprend:

- la réalisation des travaux de collecte de données sur le terrain, sous la direction de Hélène Delisle et de Francis Delpeuch;
- la réalisation du traitement et à l'analyse statistique des données conjointement avec Ann Tarini et Hélène Delisle;
- la mise en œuvre des analyses de laboratoire pour le dosage du rétinol sérique;
- la préparation de la version initiale du manuscrit et les révisions successives; en synthétisant tous les commentaires, avis et corrections provenant des co-auteurs;
- la préparation de la bibliographie utilisée dans l'article;
- la finalisation de l'article sous la direction de Hélène Delisle et Francis Delpeuch;

Les deux directeurs de thèse, Hélène Delisle et Francis Delpeuch ont encadré et dirigé la préparation de l'article; ils ont apporté des avis, des commentaires et des corrections qui ont permis l'amélioration et la finalisation du manuscrit final.

4.1.2. Accord des co-auteurs et de l'éditeur

Le formulaire signé par les co-auteurs et l'éditeur est inséré à la page suivante.

ACCORD DES COAUTEURS ET PERMISSION DE L'EDITEUR

A) Déclaration des coauteurs

1. Identification de l'auteur
Nom et prénom: ZAGRE Noël Marie
NUT 7900, PhD Nutrition

2. Description de l'article

ZAGRE NM, DELILE H, TARDI A et DELPUCH F. Evolution des apports en vitamine A suite à la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso. Cah Et Rech Francophone Santé 2002 ; 12 : 38-44

3. Déclaration de tous les auteurs autres que l'auteur

A titre de coauteur de l'article identifié ci dessus, je suis d'accord pour que Zagre Noël Marie inclue cet article dans un thèse qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact".

NOM Prénoms

Cocuteur

Ann Tardif

Cocuteur

Francis Delaport

Cocuteur

Delile H

Signature

Ann Tardif

Signature

Francis Delaport

Signature

12/07/2002

Date

09/07/2002

Date

11/07/2002

Date

B) Permission de l'éditeur

1. Identification de la revue

Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones/ Santé
Professeur Dominique Richard-Lambie,
Services Parasitologie - Médecine Tropicale,
Faculté de Médecine, Zola, bd Tomalia, 37032 Tours Cedex, France.
Tél. : (+33) 2 47 36 81 0, Fax : (+33) 2 47 37 09 33,
dr@med.univ-tours.fr

2. Identification de l'éditeur

Éditions John Libbey Eurotext,
127, avenue de la République
92120 Montrouge - France
Tel. +33 (0)1 46 73 06 60
Fax + 33 (0)1 40 84 09 99
european@le.com

3. Identification de l'article

ZAGRE NM, DELILE H, TARDI A et DELPUCH F. Evolution des apports en vitamine A suite à la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso. Cah Et Rech Francophone Santé 2002 ; 12 : 38-44

L'auteur Zagre Noël Marie est autorisé à inclure l'article ci dessus dans un thèse de doctorat, qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact"

Éditeur

Signature

Date

John Libbey Eurotext

127, avenue de la République
92120 MONTROUGE - France
Tél. : 46 73 06 60 - Fax : 40 84 09 99

10 juil 2002

Évolution des apports en vitamine A à la suite de la promotion d'huile de palme rouge chez les enfants et les femmes au Burkina Faso

Noël-Marie Zagré, Hélène Delisle, Ann Tarini, Francis Delpeuch

La situation nutritionnelle au Burkina Faso est préoccupante. L'enquête démographique et de santé de 1999 rapporte des taux de prévalence d'émaciation et de retard de croissance de 13 % et de 37 % respectivement, chez les enfants de moins de 5 ans pour l'ensemble du pays [1]. D'après des données non publiées, l'avitaminose A constitue un sérieux problème de santé publique, surtout dans les provinces du Centre et du Nord où la cécité nocturne affecterait de 1,7 à 7,9 % des enfants. Il est établi qu'une carence subclinique en vitamine A (VA), même subclinique, est associée à une surmortalité infanto-juvénile de l'ordre de 23 % [2] ainsi qu'à une forte mortalité maternelle [3]. Dans de nombreux pays en développement, le contrôle à court terme de l'avitaminose A repose pour l'instant sur une supplémentation périodique et gratuite à grande échelle pour les enfants de moins

de 5 ans. Cette stratégie est efficace mais sa pérennité est douteuse. De plus, elle pourrait amener les populations à considérer la carence en VA comme une maladie plutôt que comme un problème alimentaire [4]. L'enrichissement en rétinol des aliments est une stratégie qui progresse mais, à la différence des pays industrialisés, le problème est souvent l'absence d'aliments pouvant servir de vecteurs à l'enrichissement [5]. Quant à l'approche se fondant sur la diversification et la modification des habitudes alimentaires, nombreux sont ceux qui doutent de ses possibilités réelles. Les aliments d'origine animale contenant du rétinol, vitamine A préformée, ne sont pas financièrement accessibles à tous. Les fruits et légumes riches en caroténoïdes provitaminiques A ont fait l'objet de plusieurs programmes, mais leur disponibilité est saisonnière et les déperditions de l'activité vitaminique A pendant l'entreposage, la transformation et la cuisson peuvent être importantes [6]. Par ailleurs, des travaux menés dans diverses populations, notamment au Niger [7] et en Indonésie [8], ont montré que l'activité vitaminique A des feuilles vertes était vraisemblablement moins importante qu'on ne l'avait supposé, en raison d'une absorption et d'une utilisation faibles dans l'organisme. Sur la base des travaux menés sur ce sujet, le facteur de conversion du β -carotène en rétinol de 6:1 est remis en cause [9]. Les chloroplastes de la matrice des végétaux seraient un facteur important de la faible biodisponibilité de ces carotènes. De ce fait, de nouveaux facteurs de conversion allant de 12:1 pour les fruits orangés à 26:1 pour les feuilles vertes ont été proposés [10].

L'huile de palme rouge (HPR) semble, elle, avoir un meilleur potentiel pour la lutte contre la carence en VA. En Afrique, la zone de production est située entre les latitudes 10° nord et 10° sud, dans la zone ouest. L'huile extraite à partir des variétés croisées entre *E. guineensis* et *E. oleifera* présenterait une teneur en β -carotène de l'ordre de 1 200 à 1 400 μg par g [11]. Plusieurs essais randomisés ont montré que l'HPR améliorerait le statut en VA chez des femmes et des enfants d'âge scolaire, notamment en Inde et en Afrique [12-15]. Cependant, cette efficacité a besoin d'être vérifiée à l'échelle d'une population lorsque l'HPR est rendue disponible mais doit être achetée et consommée librement. C'est l'objet du projet pilote implanté au Burkina, qui vérifie ainsi l'acceptabilité de l'HPR dans des zones non productrices et l'impact sur le statut vitaminique A. Cet article présente les premières données sur l'évolution des apports en VA après un an de promotion de l'HPR et il propose une réflexion sur l'estimation des apports et des risques de carence. La réponse de la population au projet, telle qu'évaluée à mi-parcours, est présentée ailleurs [16]. Quant à l'impact sur le statut vitaminique A, il ne pourra être évalué qu'à la fin du projet, à la lumière des valeurs de rétinolémie.

Description du projet pilote

Le projet, d'une durée de trente mois, est réalisé dans une zone du Burkina qui n'a

N.-M. Zagré, H. Delisle : Département de nutrition, Université de Montréal, CP 6128, succ. centre-ville, Montréal Qc H3C 3J7, Canada.

<helene.delisle@umontreal.ca>

A. Tarini : Bureau national de Helen Keller International, 04 BP 8150, 04 Ouagadougou, Burkina Faso.

<atarini@liptinfor.bf>

F. Delpeuch : Institut de recherche pour le développement, UR 106 « Nutrition, Alimentation, Sociétés », Centre collaborateur de l'OMS pour la nutrition, IRD, BP 64501, 34394 Montpellier Cedex 5, France.

Tirés à part : H. Delisle

Thèmes : Nutrition ; Vitamine A ; Burkina Faso.

pas l'habitude de consommer cette huile et où la carence en VA sévit. Le Burkina est tout indiqué pour un tel projet pilote, car l'HPR y est produite et consommée, mais seulement dans la partie sud-ouest du pays. Des animatrices sensibilisent la population à la carence en VA et font la promotion de l'huile comme supplément alimentaire pour les femmes et les jeunes enfants dans 10 villages et un secteur urbain du département de Kaya (province de Sanmatenga). Elles ont été préalablement formées aux stratégies de communication persuasive, incluant le « marketing social ». Le positionnement marketing de l'HPR est celui de supplément alimentaire pour les femmes et les enfants, et non d'huile de cuisine, car les petites quantités nécessaires pour améliorer les apports de VA sont alors financièrement accessibles : il suffit par exemple de 5 à 10 ml/j pour couvrir les besoins d'un jeune enfant. En outre, on évite ainsi de faire concurrence aux autres huiles alimentaires de production locale. Les activités de promotion incluent spots radios, affiches, émissions radiophoniques, concours inter-villages, démonstrations culinaires, causeries et théâtre villageois. Des groupements de femmes productrices du Sud-Ouest du pays fournissent l'HPR et d'autres groupements de femmes des sites pilotes en assurent la commercialisation dans les villages et les marchés. Les prix et les formats de vente ont été fixés en collaboration avec ces groupements.

Évaluation du projet

L'évaluation du projet se fait au moyen d'une étude longitudinale à trois passages, chez des enfants âgés de 12 à 36 mois au début de l'intervention et chez leurs mères. L'acceptabilité de l'HPR ainsi que les résultats de la promotion sur la consommation alimentaire et les apports en vitamine A sont évalués au moyen d'une enquête de base, reprise après 12 puis 24 mois d'activité. Le statut vitaminiq ue A des enfants et des mères est évalué seulement au début et à la fin du projet, car la mesure suppose des prises de sang. Le protocole d'évaluation a été approuvé par le comité d'éthique de la faculté de médecine de l'université de Montréal et par l'instance homologue du Centre national de recherche scientifique et technologique du Burkina Faso.

Échantillon

Un effectif de 210 paires mère/enfant a été retenu (7 sites x 30 paires), pour une erreur alpha de 0,05 et une puissance statistique de 0,95. Le taux de faible rétinolémie ($< 0,70 \mu\text{mol/l}$) a été pris comme variable d'intérêt dont la prévalence initiale a été estimée à 60 %. L'objectif était de réduire cette prévalence du tiers. L'effectif tient compte de la durée du suivi longitudinal et des éventuelles déperditions en cours d'étude. Les sept sites d'enquête ont été choisis au hasard et les sujets ont été sélectionnés par tirage aléatoire des ménages, à partir d'un recensement récent. Avant d'être enrôlées dans l'étude, les mères ont signé un formulaire de consentement éclairé, dont le contenu leur a été préalablement expliqué en détail.

Méthodes

Les données de chacune des enquêtes sont collectées à la même période de l'année pour limiter l'effet de la saison sur la consommation alimentaire, par interview au moyen d'un questionnaire pré-testé. Un des auteurs (N.-M. Zagré) et une animatrice formée ont administré les questionnaires. La traduction du français à la langue locale puis en sens inverse a été préalablement faite par deux personnes différentes. Le questionnaire porte sur les connaissances, les attitudes et les pratiques des mères, ainsi que sur les apports en VA des mères et des enfants. La consommation alimentaire de VA est estimée par le rappel de la fréquence de consommation (QFC) se fondant sur l'approche proposée par l'IVACG [17] et en utilisant les mesures ménagères habituelles pour l'estimation des portions. Le QFC rétrospectif porte sur une semaine pour les sources végétales et sur le dernier mois pour les denrées animales, conformément aux conclusions d'une étude de validation de la méthode menée au Niger [18]. Une table de composition des aliments a été élaborée pour le calcul des apports en VA, en utilisant des données de publication récente, obtenues avec les facteurs de conversion conventionnels de 6:1 pour le β -carotène et de 12:1 pour les autres provitamines A [7, 19-22]. Des prélèvements sanguins ont été faits en début d'étude chez les enfants et leurs mères et le seront 24 mois plus tard. Les sérums ont été préparés et conservés à -25°C , protégés de l'air et de la lumière

jusqu'aux analyses de rétinolémie par HPLC, au laboratoire de la faculté des sciences de la santé de Ouagadougou. La méthode d'analyse utilisée est adaptée de celle utilisée par Sapin *et al.* [23]. Chaque spécimen est analysé en duplicata.

Traitement des données

Les données sont saisies et traitées au moyen du logiciel SPSS 8.0. La proportion d'enfants à risque de carence d'apport a été estimée selon deux approches. Avec l'approche probabiliste décrite par Beaton [24], on calcule puis on cumule¹ les risques individuels d'apports insuffisants, lesquels sont fondés sur les écarts par rapport aux besoins théoriques, qui suivent une distribution normale. Une deuxième approche consiste à comparer les apports individuels à l'apport de sécurité de façon à calculer la proportion des sujets atteignant divers seuils relativement à l'apport de sécurité. Dans cette étude, nous comparons les apports à une valeur seuil de $250 \mu\text{g ER}^2$, qui correspond au besoin moyen pour le groupe d'âge. Des statistiques simples ont été utilisées pour comparer les données des deux passages.

Résultats de l'évaluation des apports de VA à mi-parcours

L'effectif et les caractéristiques des sujets au début de l'étude sont présentés au *tableau 1*. On note une forte proportion de femmes allaitantes parmi les mères, dont l'âge moyen est de 29 ans. L'âge moyen des enfants est de 24 mois. Les taux de rétinolémie inférieure à $0,70 \mu\text{mol/l}$ (64 % des mères et 85 % des enfants) confirment que la carence

¹ On calcule d'abord la cote-Z correspondant à l'apport de l'enfant comme suit : cote-Z calculée = (apport mesuré - besoin moyen)/écart-type des besoins. Ensuite, on obtient la probabilité d'un apport insuffisant (correspondant à la cote-Z) à l'aide d'une table de loi normale.

² Ce seuil est préconisé également par l'IVACG pour définir le risque élevé d'apport inadéquat [17].

Tableau 1

Caractéristiques des sujets au début de l'étude

	Mères	Enfants
Effectif	215 dont 151 allaitantes et 9 enceintes	215 dont 107 filles et 108 garçons
Âge moyen \pm ET	29,2 \pm 7,1 ans	24,2 \pm 7,9 mois
Rétinolémie moyenne \pm ET ($\mu\text{mol/l}$)	0,74 \pm 0,48	0,50 \pm 0,21
% de faibles rétinolémies (< 0,70 $\mu\text{mol/l}$)	64 %	85 %

Sample characteristics at baseline

en vitamine A est un problème sérieux de santé publique dans cette région.

Évolution des apports en vitamine A et des sources alimentaires

Les apports moyens en VA au début du projet sont faibles (tableau 2). Toutefois, ceux-ci ne tiennent pas compte du rétinol provenant du lait maternel pour les enfants allaités. On note que les apports augmentent de façon marquée et significative après douze mois de promotion de l'HPR. Comme celle-ci n'est pas consommée par tous, la variabilité des apports de VA augmente aussi.

Les apports sont forcément beaucoup plus faibles lorsqu'on utilise les facteurs

révisés de conversion β -carotène/rétinol : ils étaient seulement de 64 μg ER (équivalents-rétinol) et de 347 μg ER au début puis après 12 mois, chez les enfants ; chez les mères, les apports passaient de 133 μg ER à 568 μg ER. Ces données sont à rapprocher des apports de sécurité qui sont de 400 μg ER chez les enfants et de 500 à 850 μg ER chez les mères selon leur état physiologique [25]. L'amélioration des apports en VA des enfants comme des mères, entre les deux enquêtes, est montrée dans la figure.

Les sources alimentaires de vitamine A sont présentées au tableau 3.

On y remarque la prédominance des sources végétales (plus de 90 %), spécialement des fruits (53 %) et des légumes et feuilles vertes (37 à 40 %). Ainsi, la proportion des femmes ayant consommé

des sauces à base de feuilles (par exemple, 94 % pour la sauce de « bulvaka », nom en langue Mooré de la corète potagère *Corchorus olétorus*) durant la dernière semaine est plus élevée que la proportion ayant consommé des produits animaux (6 à 8 %) durant tout un mois. La même observation vaut pour les enfants. Dans l'enquête de la seconde année, la proportion de femmes et d'enfants ayant consommé des mangues a augmenté et la consommation des légumes-feuilles est inchangée, mais leur part dans les apports totaux de VA a baissé avec la consommation d'HPR. Bien que l'HPR n'ait été consommée que par 62 enfants et 64 mères, elle est la première source de VA au second passage, fournissant environ 56 % de la VA totale pour les enfants qui en ont consommé et 36 % sur l'ensemble des enfants. On a également noté que le nombre d'enfants ayant consommé du foie a doublé entre les deux passages, ce qui peut justifier l'augmentation significative des apports alimentaires de rétinol.

Évaluation du risque d'apport insuffisant en vitamine A

Le tableau 4 présente la proportion de sujets à risque d'apport insuffisant en VA aux deux passages, selon les deux approches et en utilisant les deux séries de facteurs de conversion. La proportion de sujets à risque est réduite au second passage, quels que soient la méthode et les facteurs de conversion utilisés. Pour une même série de facteurs de conversion, les deux approches aboutissent à un taux de risque remarquablement identique, autour de 60 % des mères et des enfants au second passage (facteurs révisés).

Dans le tableau 5, on présente le nombre de sujets accusant une rétinolémie inférieure à 0,70 $\mu\text{mol/l}$ au début de l'étude en fonction du risque d'apport inadéquat à cette période. Le risque d'apport inadéquat est un indicateur sensible de la faible rétinolémie, surtout avec les facteurs de conversion révisés (96-98 %), mais la spécificité est faible.

Discussion

Un projet pilote d'introduction de l'HPR comme source de VA est en cours au Burkina. La carence en VA y est un

Tableau 2

Changements dans les apports¹ en vitamine A après 12 mois de promotion de l'HPR

	Rétinol (ER)	Carotènes (μg de β -carotène)	VA totale (ER) facteurs conventionnels	VA totale (ER) facteurs révisés
Enfants				
Passage 1 (T_0)	13 \pm 26 (0)	750 \pm 618 (606)	138 \pm 106 (111)	64 \pm 58 (47)
Passage 2 (T_{0+12})	46** \pm 79 (19)	2 790** \pm 2 778 (1 374)	510** \pm 493 (326)	347 \pm 443 (174)
Mères				
Passage 1 (T_0)	6 \pm 22 (0)	1 770 \pm 1 386 (1 470)	302 \pm 235 (252)	133 \pm 162 (102)
Passage 2 (T_{0+12})	11* \pm 23 (0)	4 740** \pm 5 460 (2 448)	801** \pm 913 (426)	568 \pm 803 (203)

¹ Moyenne \pm ET (médiane) ; * $p < 0,05$ entre les deux passages (test de t pour données appariées) ; ** $p < 0,01$ entre les deux passages (test de t pour données appariées).

Change in total vitamin A intake after one year of red palm oil promotion

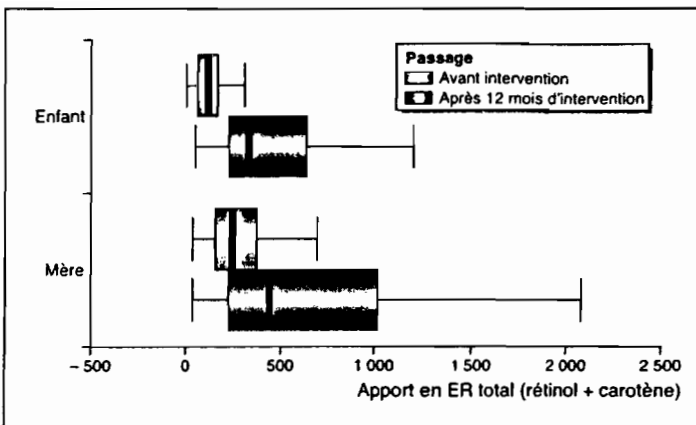


Figure. Évolution des répartitions des apports de vitamine A.

Figure. Change in total vitamin A intake distribution.

(121 µg ER de VA totale, dont 21 µg ER de rétinol) mais sont plus bas que ceux qui ont été rapportés pour des préscolaires du Niger [18]. Après un an de promotion de l'HPR, les apports ont au moins doublé chez les mères et leurs enfants. Au-delà de la méthode d'estimation des apports alimentaires, les résultats suscitent des discussions sur deux questions importantes : la biodisponibilité des caroténoïdes, qui se reflète dans les facteurs de conversion en rétinol, et les critères d'interprétation des apports de VA. Les facteurs de conversion du β-carotène et des autres caroténoïdes provitaminiques A des végétaux en rétinol, initialement fixés conventionnellement à 6:1 et 12:1 respectivement, sont jugés de nos jours trop généreux [10]. Rappelons que ces ratios avaient été fixés en considérant que l'efficacité de l'absorption intestinale du β-carotène était de 33 % et sa bioconversion de 50 % [27]. Des données récentes obtenues par mesure du rétinol dans les chylomicrons après un repas contenant une quantité connue de carotène montrent que l'efficacité de l'absorption était surestimée d'au moins dix fois pour certains aliments [28]. Par ailleurs, des travaux réalisés en Indonésie ont abouti à la proposition des facteurs 26:1 pour les feuilles vertes et les carottes et 12:1 pour les fruits orangés [10]. Les carotènes de l'HPR présenteraient néanmoins une meilleure biodisponibilité en raison de sa matrice lipidique. Comme les légumes feuilles et les fruits représentaient au premier passage plus de 80 à 90 % des apports dans la zone de notre étude, l'utilisation des facteurs conventionnels surestime vraisemblablement les apports. En appliquant les facteurs nouvellement proposés, presque tous les sujets encourent un risque d'apport inadéquat. Or, ces facteurs de biodisponibilité sont apparents, leur détermination n'ayant pas distingué le rétinol endogène de celui qui est nouvellement dérivé des carotènes. De plus, leur variance est très élevée, comme le montrent les intervalles de confiance (9-26 pour les fruits et 13-76 pour les feuilles). Enfin, il a été établi que le taux de bioconversion était influencé par le statut en VA [29]. En Chine, par exemple, une étude bien contrôlée a trouvé une amélioration soutenue du statut en VA d'enfants d'âge scolaire suite à la consommation de légumes-feuilles verts [30], au-delà de ce qu'aurait pu expliquer l'activité vitaminique A des feuilles telle que calculée avec les facteurs de

Tableau 3

Contribution des groupes d'aliments aux apports totaux en VA (%)

Catégories d'aliments	Passage 1 (T ₀)		Passage 2 (T ₀ + 12 mois)	
	Enfants	Mères	Enfants	Mères
Source végétale	90,3	97,7	90,9	98,5
Source animale	9,7	2,3	9,1	1,5
Fruits	53,0	53,5	30,6	31,3
Légumes-feuilles vert foncé	36,8	40,1	24,6	21,3
Huile de palme rouge	0,6	4,0	35,6	45,8
Foie	9,2	1,7	8,3	0,9
Œufs et lait	0,5	0,6	0,8	0,6

Contribution of food groups to total vitamin A intake (%)

Tableau 4

Évolution des proportions de sujets à risque d'apport inadéquat en VA (< 62,5 % de l'apport de sécurité)

	Méthode de seuil			Méthode probabiliste [24]		
	T ₀ (%)	T ₀ + 12 (%)	Réduction (%)	T ₀ (%)	T ₀ + 12 (%)	Réduction (%)
Enfants						
Facteurs conventionnels	87,6	37,7	56,9	84	35	58,3
Facteurs révisés	98,6	61,8	37,3	97	60	38,1
Mères						
Facteurs conventionnels	82,9	49,3	40,5	78	46	41,0
Facteurs révisés	97,6	63,1	35,3	95	62	34,7

Changes in proportion of subjects at risk of inadequate vitamin A intake

problème puisque 64 % des mères et 85 % des enfants ont une rétinolémie faible au début du projet. Les apports totaux de VA des mères comme des enfants au début du projet étaient

faibles, en regard des apports de sécurité, et proviennent essentiellement des fruits et légumes feuilles vert sombre. Ils étaient comparables à ceux trouvés en Inde [26] chez des enfants de 1 à 3 ans

Tableau 5

Lien entre apport inadéquat en vitamine A et rétinolémie basse au début de l'étude

	Apport inadéquat selon les facteurs conventionnels		Apport inadéquat selon les facteurs révisés		Total
	oui	non	oui	non	
Enfants					
Rétinolémie faible (< 0,70 µmol/l)	151	20	168	3	171
Rétinolémie normale (> 0,70 µmol/l)	26	4	30	0	30
Total	177	24	198	3	201
Mères					
Rétinolémie faible (< 0,70 µmol/l)	97	22	115	4	119
Rétinolémie normale (> 0,70 µmol/l)	59	10	68	1	69
Total	156	32	183	5	188

Relationship of low serum retinol concentration and inadequate vitamin A intake at onset of the study

conversion révisés. Il y a donc encore beaucoup d'incertitude sur les valeurs de biodisponibilité à utiliser pour les différents caroténoïdes. Pour cette raison, il nous paraît indiqué que les tables alimentaires donnent désormais les teneurs en équivalents de β -carotène (EBC) plutôt qu'en équivalents-rétinol. Dans la récente révision des apports nutritionnels de référence nord-américains, l'utilisation d'un ratio de 12:1 pour le β -carotène et de 24:1 pour l' α -carotène et la β -cryptoxanthine est préconisée [31].

Le second élément de réflexion que suscite notre étude est le problème de l'appréciation du niveau des apports. Nous avons eu recours à deux approches pour apprécier le risque d'apport insuffisant : la méthode probabiliste de Beaton [24] et celle qui compare les apports individuels à un seuil fixé par rapport à l'apport de sécurité et qui correspond grossièrement au besoin moyen pour le sexe et l'âge, puisque l'apport de sécurité est destiné à couvrir les besoins de la quasi-totalité de la population, allouant une marge (2 ET) au-dessus des besoins moyens. La méthode de Beaton repose sur la normalité de la distribution des besoins et leur variabilité. Comme le besoin réel d'un individu est inconnu, on calcule pour chaque sujet la probabilité que son apport soit inadéquat, puis on déduit pour l'ensemble du groupe le nombre de sujets à risque. Les deux approches permettent de comparer l'effectif à risque d'apport inadéquat à deux moments distincts, d'où leur intérêt sur le plan évaluatif ; en effet, nos résultats

ont montré que, avec ces deux méthodes, on obtenait des taux comparables de risque lorsque les mêmes facteurs de conversion sont utilisés. Toutefois, la méthode de seuil permet de classer chaque sujet dans un groupe d'apport adéquat ou inadéquat, ce que ne prévoit pas la méthode de Beaton. Cependant, le niveau d'apport classé « inadéquat » avec la méthode des seuils est peut-être supérieur au besoin réel d'un individu. Il y a donc une différence conceptuelle importante entre les deux approches. Malgré ses limites qui doivent être reconnues, la méthode des seuils est largement utilisée et se prête de ce fait à des comparaisons de résultats.

L'association entre rétinol sérique et risque d'apport inadéquat a été examinée. La sensibilité du risque d'apport faible comme indicateur de la faible rétinolémie (< 0,70 µmol/l) est meilleure avec les facteurs révisés, mais la spécificité est quasi absente. On comprendrait aisément que des apports jugés adéquats ne correspondent pas à des teneurs sériques de rétinol normales, en raison de l'effet que peuvent avoir des facteurs liés à l'hôte, les infections par exemple, sur la bioconversion des caroténoïdes. La faible spécificité observée dans cette étude implique que, parmi les sujets à rétinolémie normale, plusieurs ont des apports classés inadéquats. Une explication possible serait peut-être que ces apports classés inadéquats selon la méthode des seuils sont en réalité suffisants au vu des besoins réels de ces sujets.

Conclusion

Cette étude a montré que les apports en VA des enfants et de leurs mères ont sensiblement augmenté en l'espace de douze mois de promotion de la consommation d'HPR. Le défi est de conserver les acquis de la première année et d'assurer la persistance des changements dans la population. Toutefois, la signification biologique des apports de VA ainsi que leur interprétation sont malaisées, surtout en raison de l'incertitude sur la biodisponibilité réelle des caroténoïdes végétaux. Le lien entre l'apport de VA et la faible rétinolémie, d'une part, et l'efficacité réelle de la stratégie, d'autre part, seront pleinement évalués à la lumière des nouvelles données d'apport et de rétinolémie en fin de projet ■

Références

1. Institut national des statistiques et de la démographie (INSD). *EDS 1999 Enquête démographique et de santé du Burkina Faso 1999*. Columbia : Macro International Inc, 2000 ; 327 p.
2. Beaton GH, Martorell R, Aronson KJ, et al. *Effectiveness of vitamin A supplementation in the control of young child morbidity and mortality in developing countries*. ACC/SCN State-of-the-Art Series, 1993 ; Nutrition policy discussion paper N° 13, Genève : ACC/SCN, 1993 ; 120 p.
3. West KP Jr, Katz J, Khatri SK, 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. *Br Med J* 1999 ; 318 : 570-5.
4. Delisle H. La supplémentation en vitamine A est-elle un obstacle à des stratégies alimentaires durables ? *Cahiers Santé* 1994 ; 4 : 367-74.
5. McLaren DS, Martin F. *Sight and life manual on vitamin A deficiency disorders (VADD)*. First edition. Basel : Task force sight and life, 1997 ; 138 p.
6. Rodriguez-Amaya DB. *Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods*. Arlington : OMNI, 1997 ; 88 p.
7. Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles au Niger. *Cahiers Agriculture* 1997 ; 6 : 553-60.
8. De Pee S, West CE, Muhilal Karyardi D, Hautvast JGAJ. Lack of improvement of vitamin A status with increased consumption of dark green leafy vegetables. *Lancet* 1995 ; 346 : 75-81.
9. Solomons NW. Plant sources of vitamin A and human nutrition: how much is still too little? *Nutr Rev* 1999 ; 57 : 350-61.

10. De Pee S, West CE, Permaesih D, Matuti S, Muhilal K, Hautvast JGAJ. Orange fruit is more effective than dark green leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and beta carotene in schoolchildren in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1998 ; 68 : 1058-67.

11. Choo MY. Palm oil carotenoids. *Food Nutr Bull* 1994 ; 15 : 130-7.

12. Rukmini C. Red palm oil to combat vitamin A deficiency in developing countries. *Food Nutr Bull* 1994 ; 15 : 126-9.

13. Mahapatra S, Manorama R. The protective effect of red palm oil in comparison with massive vitamin A dose in combating vitamin A deficiency in Orissa, India. *Asia Pacific J Clin Nutr* 1997 ; 6 : 246-50.

14. Nutrition foundation of India. Use of beta caroten foods to combat vitamin A deficiency in India: a multicentric study. Summary and recommendations. *Indian Pediatr* 1997 ; 34 : 313-7.

15. Mosha TC, Laswai HS, Mtebe K, Paulo AB. 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.

16. Delisle H, Zagr  N, Ouédraogo V. Marketing of red palm oil for vitamin A in Burkina Faso. A pilot project involving women's groups. *Food Nutr Bull* 2001 ; 22 : 388-94.

17. Underwood BA, Chavez M, Hankin J, et al. Guidelines for the development of a simplified dietary assessment to identify groups at risk for inadequate intake of vitamin A. Report of the IVACG. Washington : IVACG, 1989 ; 61 p.

18. Delisle H, Bakari S, Ferland G. Validation study on a simplified dietary method for the assessment of vitamin A deficiency risk in Niger. Washington D.C. : OMNI, 1997 ; 70 p.

19. West CE, Poortvliet EJ. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries. Washington : VITAL, 1993 ; 210 p.

20. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, Lied E, Oshaug A. Nutrient composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, Sud Mali. *Int J Food Sci Nutr* 1996 ; 47 : 455-68.

21. Smith GC, Dueker SR, Clifford AJ, Grivetti LE. Carotenoid values of selected plant foods common to southern Burkina Faso, West Africa. *Ecol Food Nutr* 1996 ; 35 : 41-58.

22. Hagenimana V, Oyunga MA, Low J, Njoroge SM, Gichuki ST, Kabira J. The effects of women farmer's adoption of orange-fleshed sweet potatoes: raising vitamin A intake in Kenya. Research report series 3. Washington : ICRW/OMNI, 1999 ; 24 p.

23. Sapin V, Alexandre MC, Chaib S, et al. Effect 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.

24. Beaton GH. Nutritional assessment of observed nutrient intake: an interpretation of recent requirement reports. *Adv Nutr Res* 1985 ; 7 : 101-28.

25. FAO/OMS. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. Report of a conjoint FAO/WHO expert consultation. Rome : FAO, 1988 ; 119 p.

26. Ramakrishnan U, Martorell R, Latham MC, Abel R. Dietary vitamin A intakes of preschool children. *J Nutr* 1999 ; 129 : 2020-7.

Summary

Changes in vitamin A intake following the social marketing of red palm oil among children and women in Burkina Faso

N.M. Zagr , H. Delisle, A. Tarini, F. Delpeuch

This paper focuses on changes in vitamin A (VA) intakes as part of the evaluation of a pilot project on social marketing of red palm oil (RPO) as a VA supplement for mothers and children in central-north Burkina Faso. The objectives of the 30-month project are to demonstrate the feasibility and effectiveness of introducing RPO in non-consuming areas. RPO is collected from women in the South-West region and it is retailed in project sites by village volunteers. RPO is promoted by community workers trained in persuasive communication and social marketing. The target population is free to buy and consume RPO. Evaluation design includes data collected at onset, then 12 and 24 months later, from the same sample of 210 mothers and their children randomly selected in seven project sites. Children were 1 to 3 years old at onset. Blood samples were collected at baseline from mothers and children for serum retinol determination by HPLC. VA intakes are estimated by a semi-quantitative food frequency questionnaire, using the conventional β -caroten to retinol conversion factors and the newly revised lower factors. VA deficiency is a major public health problem in the area: 64% of mothers and 85% of children had serum retinol concentrations < 0,70 $\mu\text{mol/l}$ at baseline. VA came mainly from plant foods, particularly fruits and dark green vegetables which provided more than 90% of the dietary VA at onset of the project. Mean vitamin A intakes are low. We found $138 \pm 106 \mu\text{g ER}$ for the children and $302 \pm 235 \mu\text{g ER}$ for the mothers with conventional factors and $64 \pm 58 \mu\text{g ER}$ and $133 \pm 162 \mu\text{g ER}$, respectively, with the revised factors. One year later, one third of respondents had consumed RPO in the previous week, and it supplied around 56% of the VA intake of children and 67% of mothers (36% and 46% respectively for the whole group). VA intakes were significantly increased at $510 \pm 493 \mu\text{g ER}$ and $801 \pm 913 \mu\text{g ER}$ for the children and their mothers respectively ($347 \pm 443 \mu\text{g ER}$ and $568 \pm 803 \mu\text{g ER}$ respectively, with the revised factors). Analyzing serum retinol and dietary data collected at baseline, it was found that VA intakes < 62,5% of safe level of intake were highly sensitive to low serum retinol (< 0,70 $\mu\text{mol/l}$) and using revised conversion factors to assess total VA intake slightly enhanced sensitivity. The proportion of mothers and children at risk of inadequate VA intake changed from nearly 100% at baseline to 60% one year later. The results show that promoting RPO (and other VA rich foods) was effective in improving VA intakes. This improvement will hopefully be sustained and even further enhanced during the remaining 12 months of the project, after which repeated measurement of serum retinol and VA intakes will allow the actual impact of the project to be truly assessed.

Cahiers Santé 2002 ; 12 : 38-44.

27. WHO. Requirements of vitamin A, thiamin, riboflavin and niacin. Tech Rept Ser 362. Genève : WHO, 1967 ; 86 p.

28. Parker R. Methodological considerations in determining vitamin A and carotenoid bioactivity in humans. *Food Nutr Bull* 2000 ; 21 : 124-9.

29. Ribaya-Mercado JD, Solon FS, Solon MA, 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 : 455-65.

30. Tang G, Qin J, Hu S, et al. Protection of vitamin A status in Chinese children by a dietary intervention with vegetables. *Food Nutr Bull* 2000 ; 21 : 161-4

31. National academy of sciences (NAS). Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, cooper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. Washington : National academy press, Institute of medicine, 2001 ; 650 p.

Résumé

Cette étude s'inscrit dans l'évaluation d'un projet pilote de commercialisation de l'huile de palme rouge (HPR) dans une région du Burkina n'en consommant pas: il rapporte les apports de vitamine A (VA) dans un échantillon de 210 paires mères/enfants d'âge préscolaire après 12 mois de promotion de l'HPR. La carence en VA est répandue puisque, au début de l'étude, 64 % des mères et 85 % des enfants présentaient une rétinolémie inférieure à 0,70 µmol/l. Les apports de VA ont été estimés par un rappel de fréquence de consommation, en faisant appel aux facteurs conventionnels de conversion du β-carotène en rétinol et aux facteurs plus faibles récemment proposés. La VA est essentiellement d'origine végétale et les apports moyens au début du projet ne sont que de 138 ER chez les enfants et de 302 ER chez les mères (64 ER et 133 ER, respectivement, avec les nouveaux facteurs). Les apports inférieurs au seuil de 62,5 % de l'apport de sécurité étaient un indicateur plus sensible d'hyporétinolémie lorsqu'ils étaient calculés avec les nouveaux facteurs. Après 12 mois, les apports de VA ont au moins doublé. Alors que la quasi-totalité des sujets étaient à haut risque d'apport inadéquat au début du projet (nouveaux facteurs), la proportion baisse alors à environ 60 %. Les acquis devront être consolidés par la poursuite de la promotion de l'HPR pendant une autre année, après quoi l'efficacité de la stratégie pourra être pleinement évaluée à la lumière du rétinol sérique et de nouvelles données d'apport de VA.

4.2. ARTICLE 2: RED PALM OIL AS SOURCE OF VITAMIN A FOR MOTHERS AND CHILDREN: IMPACT OF A PILOT PROJECT IN BURKINA FASO

Cet article a été soumis à la revue Public Health Nutrition

4.2.1. Notre contribution à cet article

La contribution de l'auteur de cette thèse à cet article est ainsi présentée:

- la réalisation des travaux de collecte de données sur le terrain, sous la direction de Hélène Delisle et de Francis Delpeuch
- la participation aux traitements des données et aux analyses statistiques réalisées par Pierre Traissac et sous la direction de Francis Delpeuch
- les analyses de laboratoire pour le dosage du rétinol sérique par HPLC
- la rédaction de la version initiale du manuscrit, et les révisions successives en synthétisant tous les commentaires, avis et corrections provenant des co-auteurs
- la préparation de la bibliographie utilisée dans l'article
- la finalisation de l'article sous la direction de Hélène Delisle et de Francis Delpeuch

Les deux directeurs de thèse (Hélène Delisle et Francis Delpeuch) ont orienté, encadré et dirigé la préparation de l'article; ils ont fait des corrections aux différentes étapes ayant conduit à la version finale de l'article soumis.

4.2.2. Accord des co-auteurs

Le formulaire signé par les co-auteurs est inséré à la page suivante.

ACCORD DES COAUTEURS ET PERMISSION DE L'EDITEUR

A) Déclaration des coauteurs

1. Identification de l'étudiant

Nom et prénoms: ZAGRE Noël Marie
NUT 7900, PhD Nutrition

2. Description de l'article

ZAGRE NM, DELPEUCH F, TRAISSAC P and DELISLE H. Red palm oil as source of vitamin A for mothers and children: impact of a pilot project in Burkina Faso (to be soon submitted for publication to Public Health Nutrition)

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

A titre de coauteur de l'article identifié ci dessus, je suis d'accord pour que Zagré Noël Marie incluse cet article dans sa thèse qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact".

Francis Delpeuch

Coauteur

Signature

Date

11/07/2002

Pierre Traissac

Coauteur

Signature

Date

11/07/2002

Hélène Delisle

Coauteur

Signature

Date

12/07/2002

B) Permission de l'éditeur

1. Identification de la revue

Public Health Nutrition

Dr Lenore Arab, Department on nutrition and epidemiology

Schools of Public Health and Medicine

Office 2105E, McGavran-Greenberg Building

University of North Carolina at Chapel Hill,

Chapel Hill, NC 27599-7400, USA

E-mail: LenoreA@unc.edu

2. Identification de l'éditeur:

CABI Publishing

CAB International

10 East 40th Street

Suite 3203

New York, NY10016; USA

Tel: +1 212 481 7018 ; Toll Free: +1 800 528 4841

Fax: +1 212 686 7993

E-mail: cabi-nao@cabi.org

3. Identification de l'article:

ZAGRE NM, DELPEUCH F, TRAISSAC P and DELISLE H. Red palm oil as source of vitamin A for mothers and children: impact of a pilot project in Burkina Faso (to be soon submitted for publication to Public Health Nutrition)

L'étudiant Zagré Noël Marie est autorisé à inclure l'article ci dessus dans sa thèse de doctorat, qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact"

Editeur

Signature

Date

Title: Red palm oil as a source of vitamin A for mothers and children: Impact of a pilot project in Burkina Faso

NM Zagré, VMD, Research Associate, PhD Candidate, Department of Nutrition, Université de Montréal, Quebec, Canada

F Delpuech, PhD, Research Director, UR 106, Nutrition, Food and Society, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Montpellier, France

P Traissac, MSc, Engineer and researcher, UR 106 Nutrition, Food and Society, Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Montpellier, France

H Delisle, PhD, Professor, Department of Nutrition, Université de Montréal, Quebec, Canada

Short Title: Red palm oil for vitamin A in Burkina Faso

Correspondence:

Hélène Delisle

Department of Nutrition

Université de Montréal

PO Box 6128 Downtown Station

Montreal (Qc) Canada H3C 3J7

FAX: 1 514 343-7395

helene.delisle@umontreal.ca

Key words: Red palm oil; vitamin A nutrition, food diversification, West Africa

Abstract

Objective: To demonstrate the effectiveness of the commercial introduction of red palm oil (RPO) as a source of vitamin A (VA) for mothers and children in a non-consuming area, as a dietary diversification strategy.

Design: A pre /post intervention design (no control area) was used to assess changes in VA intake and status over a 24-month pilot project.

Setting: The pilot project involved RPO promotion in ten villages and an urban area in east-central Burkina Faso, targeting approximately 10 000 women and under-five children

Subjects: A random sample of 210 mother/child (12-36 months old) pairs in seven out of the 11 pilot sites.

Results: After 24 months, RPO was reportedly consumed by nearly 45% of mothers and children in the previous week. VA intake increased from $235 \pm 23 \mu\text{g}$ RAE to $655 \pm 144 \mu\text{g}$ in mothers (41% to 120% of safe intake level), and from $164 \pm 14 \mu\text{g}$ RAE to $514 \pm 77 \mu\text{g}$ in children (36% to 97%). Rates of serum retinol $< 0.70 \mu\text{mol/l}$ decreased from $61.8 \pm 8.0\%$ to $28.2 \pm 11.0\%$ in mothers, and from $84.5 \pm 6.4\%$ to $66.9 \pm 11.2\%$ in children. Those with a lower initial serum retinol showed a higher serum retinol response controlling for VA intake.

Conclusions: Commercial distribution of RPO was effective in reducing VA deficiency in the pilot sites. While it is promising as part of a national strategy, additional public health and food-based measures are needed to control VA malnutrition, which remained high in the RPO project area.

1. Introduction

The World Summit for Children¹ in 1990, the International Conference on Micronutrients² in 1991 and the International Conference on Nutrition³ in 1992 all served to highlight the need to reduce micronutrient deficiencies, in particular vitamin A (VA), iodine and iron deficiency. The momentum that gathered during the last decade resulted in vast programmes of VA supplementation through primary health care and primarily in conjunction with national immunization days. Some African countries recently started organising special micronutrient days⁴. Fortification of local foods with VA has also gained ground in West Africa, although at this time it is still at the feasibility stage.

Unfortunately dietary diversification has not met with the same enthusiasm despite the fact that this approach is potentially effective and sustainable. Animal sources of VA are beyond reach of poorer groups, but controlled studies using green leafy vegetables in China⁵, red palm oil (RPO) in India and Africa⁶⁻⁹ or gac fruit^a in Vietnam¹⁰, have shown that plant sources of provitamin A, which are (or can be) widely accessible in developing countries, can improve VA status of women and children. While some studies have expressed doubts about the efficacy of provitamin A carotenoids from green leafy vegetables^{11,12}, other studies are more encouraging⁵. Moreover, the VA activity of carotenoids from other plant sources is less controversial, and results obtained with RPO in particular have led to this source being cited as a potential solution for the future in many areas where VA deficiency is a public health problem, notably in Africa¹³. However, the results pertained only to the biological efficacy of these foods. Little information is available on their effectiveness in real life situations, where people are free to choose what foods they buy and eat.

This was the rationale for setting up in 1999 the 'Red Palm Oil pilot project' in Kaya district of Burkina Faso. The objective was to test the feasibility and effectiveness of introducing RPO as a VA source for women and children in an area where RPO was

^a Local name for *Momordica cochinchinensis*, a large red fruit found in Vietnam

not available and not normally eaten. RPO is extracted from the oil palm tree, a perennial plant that is generally accepted to have originated in Africa. The most common species in Africa is *Elaeis guineensis*, which grows in partially cleared forests along the rivers between latitudes 10° north and 10° south.

Project activities were implemented in 10 villages and one urban sector, for a total target population of about 10 000 children of pre-school age and women of childbearing age. RPO promotion included food demonstrations, local theatre plays, and inter-village contests. Home economists specifically trained in social marketing were in charge of field activities. Promotional messages were developed and pre-tested with target women, and they were also passed on by local media, health services and other organisations active in this region. The project collected RPO in west Burkina Faso where it is produced by women's groups, and transported it to the test area. Women's groups in the target communities retailed RPO at a fixed (but subsidised) price. More detailed information about the project was published previously¹⁴.

This paper presents the results of the evaluation of the impact of the two-year pilot project on the VA status of women and children.

2. Methodology

2.1. Project evaluation design

The evaluation was based on a pre - post-intervention design. There was no control area not only because of financial and practical constraints, but also owing to the fact that the evaluation was mainly of the adequacy assessment type¹⁵⁻¹⁶. Two main survey rounds were carried out, the first before the project started in May 1999 (baseline survey), and the other 24 months later, which both included the assessment of VA intake and status of mothers and pre-school children. The mid-term evaluation focussed primarily on the population response to the project through interviews. Measurements and interviews were done on the same sample of subjects in all survey rounds. The evaluation protocol was approved by the Ethics Committee of the

Faculty of Medicine of Université de Montréal and by the National Scientific and Technological Research Centre in Burkina Faso.

2.2. The sample

Calculations, based on an alpha error of 0.05, a statistical power of 0.90, and an expected reduction of one third (from 60 to 40%) of the proportion of children with serum retinol concentration $<0.70 \mu\text{mol/l}$, resulted in a sample size of 160¹⁷. To account for potential missing data, a random sample of 210 mother/child pairs was surveyed at baseline. The subjects were sampled from 7 of the 11 pilot sites: six villages selected at random plus the urban sector (the 7 strata from a statistical point of view). Children and their mothers were selected from the list of eligible households, that is, those having resided in the area for at least 6 months, and including a child aged between 12 and 36 months. An informed consent form had to be signed before the mother (and her child) was included in the study.

2.3. Variables and measurement methods

2.3.1. Vitamin A intake

Food consumption was estimated using a food frequency questionnaire (FFQ) based on the approach of the International Vitamin A Consultative Group (IVACG) and using normal household measures to estimate the portions. The FFQ comprised an assessment of weekly consumption of plant sources of VA and of monthly consumption of animal sources. A validation study of the method in Niger (Delisle and Bakari, unpublished data^b) showed that the assessment of monthly consumption of animal products is relevant since these food items are only eaten occasionally and consequently stand out in the memory of these poor rural populations.

Conversion of provitamin A carotenoids into retinol activity equivalents (RAE) was made on the basis of recent recommendations by the US Medical Institute, i.e., 12 μg of β -carotene from mixed dishes for 1 μg RAE¹⁸. For β -carotene from RPO, we used

^b 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: Report to OMNI-Research, 1997, 70 p.

the standard equivalent of 6 μg for 1 μg of RAE based on its high reported bio-efficacy owing to the presence of lipid and the absence of a plant matrix. For breastfed children, VA intake from breast milk was calculated on the basis of the average milk intake for these age groups¹⁹⁻²¹ and the average retinol content measured in 85 lactating women from our study zone, i.e., 37.8 μg of retinol per 100 ml of breast milk. VA intake was compared with WHO/FAO recommendations²². A dichotomous variable coding for intake <62.5% of the recommended safe level was created to assess the risk of inadequate intake, in agreement with the threshold of IVACG²³.

2.3.2. Serum retinol concentration

Serum retinol was used as indicator of VA status. Measurements were done in duplicate by HPLC²⁴, at the laboratory of the *Unité de Formation et de Recherches en Sciences de la Santé* (UFR/SDS) of the University of Ouagadougou (Burkina Faso). Standard cut-off points were used for very low, and low serum retinol levels (0.35 $\mu\text{mol/l}$; 0.70 $\mu\text{mol/l}$)²⁵.

2.3.3. Age, anthropometry, and morbidity of children

Age of the child was based on the birth certificate or health record, otherwise, a calendar of local events helped determine the date of birth as accurately as possible. Prior to blood sampling, children's height and weight were measured by the same investigator (NMZ) with the help of a pre-trained research assistant. The occurrence and duration of illness in the 15 days preceding the enquiry was documented by maternal recall, using a validated method²⁶.

2.3.4. Socio-economic variables

Data included age, marital status and physiological status (pregnancy, lactation) of the mother, and the occupation and the level of education of both the mother and the head of the household. The number of siblings (total and <5 years) of the target child was also noted.

2.4. Data analysis

2.4.1. Models

(Insert Figure 1)

The conceptual framework for the evaluation is shown in Figure 1. Changes from baseline in serum retinol, VA intake, and other characteristics of mothers and children were assessed using linear or logistic regression. In these models, the 'survey round effect' was tested by a Wald χ^2 test²⁷. The magnitude of the effect was assessed by the difference between 2001 (post survey) and 1999 (pre-project survey) for continuous variables and by prevalence odds-ratios for dichotomous variables. For polytomous variables, a sampling design-adjusted χ^2 was used.

Using serum retinol and VA intake as key outcomes, the variables shown in Figure 1 were tested as potential modifiers of the 'year effect' in children and mothers by regression models including a survey round*variable interaction term. However, even if a variable was shown to be an effect modifier, the subsequent analyses were not stratified according to this variable, sample size not permitting. Nevertheless, most interactions did not change the relationship but only altered its strength.

The subsequent analyses focused on serum retinol (continuous and/or dichotomous) as the main outcome variable and the survey round as main effect for which confounders and mediating variables were studied. VA intake (as % of safe intake level) was studied as the potential mediating variable explaining the 'survey round effect' on serum retinol concentration. A first model (model 1) tests the effect of the year of survey on retinol status of children or their mothers. The magnitude of the effect is the difference of means (or prevalence odds-ratio) between the two surveys. In a second step (model 2), potential confounding factors are entered. The difference between retinol status (or the prevalence odds-ratio) between the two surveys then represents the year effect adjusted for the confounding factors. According to the same logic, in a third step (model 3), VA intake (as % of safe intake level coded in 4 categories) is added. The serum retinol difference between the two surveys in this third model represents the year effect, adjusted for the confounding factors and for

VA intake change. The mediating effect of VA intake on changes in serum retinol can thus be assessed by comparing models 2 and 3.

All data analyses took into account the characteristics of the sampling design: stratification on survey sites; small sampling intervals in most survey sites; and repeated measurements on the same subjects. In addition to the sampling weights, the final weights included a re-weighting according to strata to correct for different rates of missing data. Different sets of weights were computed for serum retinol and dietary intake as the rate of missing data was different.

Statistical analyses were performed using the software SUDAAN v. 7.5 for Windows²⁷.

3. Results

3.1. Characteristics of the sample

The initial sample comprised 210 mothers and their 214 children (4 sets of twins). Four children were excluded from the analysis because they were too young. In the last survey round, 184 mothers and 181 children were seen again. Blood samples were taken from 203 mothers and 203 children in the first round and 147 mothers and 143 children in the last round. Aside from the death of 7 children (mainly from diarrhoea and fever), the reasons for absence were moving home, journeys, illness, and a few withdrawals or refusals to have blood samples taken. When the children seen again and those lost to follow-up were compared, there was no difference of baseline serum retinol concentration. There was in the 'lost' compared to the 'retained' subjects a significantly higher proportion of educated parents (22.7% against 8.9%; $p=0.007$), and of non-stunted children (81.7% against 67.1%; $p=0.033$). However, there was no significant interaction between education level and serum retinol change, and the interaction of stunting was at the limit of statistical significance. Table 1 shows baseline characteristics of households, and table 2, changes in anthropometric and health status of the children. The rate of stunting increased, but there tended to be a reduction in the proportion of children with reported illness in the fortnight preceding the survey.

(Insert tables 1 and 2)

3.2. Changes in vitamin A intake

Total VA intakes of mothers and children are shown as absolute values (means and medians) and as % of safe intake levels in table 3. The increase over the two-year period was significant both for the children and for their mothers.

(Insert table 3)

For children, VA intake increased from a mean of 41% of safe intake level at baseline to 120% two years later. For the mothers, it increased from 36% to 97%. The proportion of children and mothers at risk of inadequate intake thus decreased from 89% to 47 %, and from 87 to 60% respectively between the beginning and end of the intervention.

(Insert table 4)

Table 4 shows the contribution of the different food categories to VA intake. Although the relative contribution of retinol (excluding breast milk) to total intake decreased in the children during the course of the study, absolute retinol intake increased significantly in children. Before the intervention, carotenoids supplied 97% of total intake in the mothers, and less (67%) in the children due to retinol supplied by breast milk. In the last survey, the proportion of carotenoids remained high, and came from the following sources (in descending order): green leafy vegetables, fruits and RPO. However, RPO was the first source in subjects who had consumed it during the preceding week, that is, 42.5% of the children and 43.5% of the mothers.. Mean daily consumption of RPO in the whole sample was 3.1 ± 0.1 g (standard error) in children and 4.7 ± 0.2 g in mothers. Considering only those who reported consuming RPO, mean daily consumption was 10.8 ± 1.1 g in children and 14.6 ± 1.1 g in mothers, with a respective contribution of 1220 RAE and 1650 RAE.

(Insert table 5)

3.3. Changes in serum concentrations of vitamin A

Table 5 shows changes in the mean concentration of serum retinol and in the proportion of low levels between pre- and post-survey, for the children and for their mothers. Mean serum retinol levels increased significantly in the children and in their mothers, with a concomitant reduction in the proportion of low serum retinol values.

However, 67% of the children and 28% of the mothers still had low serum retinol concentration after the project.

3.4. Factors modulating serum retinol changes

Modifiers of pre-post mean serum retinol changes in children and in mothers (in absolute terms or in %) are shown in table 6.

(Insert table 6)

As can be seen, children whose initial retinol concentration was $<0.70 \mu\text{mol/l}$ showed a significant increase, whereas in children with normal serum retinol at baseline, a (non-significant) decrease was observed. In both stunted (height-for-age <-2.0 z-score) and non-stunted children, there was a decline in the percentage of low serum retinol, but the reduction was only significant among stunted children; however, the interaction of stunting with absolute serum retinol values was not significant. With respect to the main occupation of the head of the household, there was no significant change in the rate of low serum retinol among children of households whose head was engaged in the informal sector, in contrast with a significant reduction in children from other types of households. While children with 2-3 siblings showed a significant reduction in the rate of low serum retinol, this was not observed when the number of siblings was either lower or higher.

As for mothers, those with low baseline serum retinol ($<0.70 \mu\text{mol/l}$) showed a significant increase, which was not the case in those with normal values at baseline. Only women from non-farming households or who were not themselves farmers showed a significant improvement in serum retinol; however their initial level was also low compared with women directly or indirectly involved in agriculture.

3.5. Determinants of final retinol status

In table 7, model (1) shows non-adjusted means of serum retinol (and rates of low concentrations) and crude pre-post intervention changes, in children and in mothers. When all potential confounding factors are added (model 2), it is seen that adjusted means and pre-post changes are the same as in model (1), whether in children or in mothers. When VA intake (as % of the safe level of intake) is introduced as one of the independent variables (model 3), however, the pre-post change in serum retinol is

no longer significant in the children, while remaining significant, although lower, in the mothers. The same applies to rates of low serum retinol and odd-ratios year 2001 vs1999. These results demonstrate a mediating effect of VA intake on serum retinol changes in the children. This is not observed in mothers, which means that factors other than higher VA intake, and which were not included in the model, may explain serum retinol changes in mothers.

(Insert table 7)

4. Discussion

Our results show a clear improvement in VA intake and status in children and their mothers between baseline and the end of the project two years later. Without the benefit of a control group, however, it is difficult to evaluate the independent contribution of the project. Setting up a control group is not simple^{15,16}, and in our particular case, there was also the risk of contamination of the control group, since it would have been impossible to prevent the spread of RPO sales to areas outside the pilot zone. Nevertheless, the marked increase in VA intake of mothers and children related to RPO consumption, and the concomitant rise of serum retinol, may reasonably be attributed in large part to the project. Even if factors independent from the RPO project may have influenced VA intake and status, these factors might have had a more negative than positive effect on VA status, notably the severe hungry season of the year 2000. The same goes for health and nutritional conditions, which tended to deteriorate throughout the country during the period of our intervention. Indeed, an increased prevalence of chronic malnutrition reflected in child stunting (from 29% to 37%) and in under-five mortality rate (from 187 to 219 per 1000) was observed between the national surveys of 1993 and 1999^{28, 29}.

4.1. Changes in vitamin A intake and serum retinol response

The larger reduction in the rate of low serum retinol in mothers (minus 33.6%) than in children (minus 17.6%) is puzzling, since VA intake increments were roughly similar. This may partly reflect the higher occurrence of infection and parasites in children than in their mothers, given that these conditions alter the VA status and tend to reduce serum retinol³⁰⁻³². Studies also suggest that the response of serum retinol to

β -carotene supplements is better in subjects with poor VA status^{32, 33}. As the majority of children appeared VA deficient at the light of serum retinol values at baseline, one would have expected their response to be at least equal to that of mothers, since their VA intake also improved. However, the impact of the project may have been partially masked by the high-dosage VA supplement taken by the majority of the children six months before both surveys as part of national yearly supplementation campaigns. Our data also suggest that VA supplementation benefit is short-lived, since 85% of children had low serum retinol at baseline, i.e. six months after taking a VA capsule. The rate was reduced to 67% at the end of two years, but the last survey was again carried out six months after a VA supplementation campaign. Additionally, our observations tend to support the hypothesis of Humphrey³⁴ according to which a primer dose of VA improves the response to the large supplement, as in our survey, retinol levels only increased in children who had consumed RPO in at least one survey round (data not shown).

4.2. Methodological issues

The methods used to assess VA intake and VA status also impinge on the association between these variables. Firstly, estimating nutrient intake is a complex process as it depends on assessing usual food intake, which usually relies on respondents' accurate recall and reporting. In this study, food consumption was measured by means of a validated FFQ. A recent study on pre-school age children in Indonesia showed that VA intake measured through a single 24-hour recall showed an association with serum retinol level, which was not the case when intake was assessed using the semi-quantitative FFQ developed by IVACG²³. Our FFQ was derived from the IVACG instrument, but it differed in that we assessed the monthly consumption of animal sources of VA. Furthermore, we directly computed preformed VA and provitamin A intake from a food composition table, which included data from HPLC analyses of a large number of green leafy vegetable specimens from Niger³⁵.

Secondly, the estimated bio-efficacy (absorption and conversion to retinol) of provitamin A carotenoids may obscure the relationship between VA intake and serum retinol. Many studies³⁶⁻³⁸ have challenged the assumed bio-availability of provitamin

A from plant sources, particularly green leafy vegetables, and the standard conversion factor of 6 μg β -carotene for 1 μg RE^{22,39} was changed to 12 μg of β -carotene for 1 μg RAE¹⁸ for mixed dishes in North America. Some authors^{37, 38} contend that the American recommendations are not suitable for developing countries and suggest factors ranging from 15 to 21 μg of carotene per μg RAE, based on studies in Asia using stable isotopes. Furthermore, the bio-efficacy of provitamin A caretonoids varies considerably within a given population. Controlled studies using double isotope labelling have shown that only half the subjects responded to β -carotene supplements, that is, absorbed and converted β -carotene to any significant extent, while the other half showed very low bioconversion, i.e., approximately 100 to 180 times less than the 'responders'^{40,41}. However, there are much fewer non-responders with large doses of β -carotene in oil^{42, 43}.

Finally, the low sensitivity and specificity of serum retinol as an indicator of VA status remains of concern. It is well known that serum retinol concentration only reflects liver stores when these are nearly depleted. In addition, serum retinol decreases during infection and inflammation^{30,31} due to the synthesis of inflammatory proteins at the expense of carrier proteins such as RBP⁴⁴, and also due to the excretion of free retinol by the kidneys because of reduced formation of RBP-transthyretine-retinol complex. Zinc deficiency could also be involved since the enzyme responsible for reducing retinal to retinol is zinc-dependent⁴⁵. It is associated with low levels of serum retinol⁴⁶ and zinc supplements enhance the effect of VA supplements^{47, 48}. The impact of the pilot project could thus have been affected by several different health and nutrition factors, as well as its assessment, by the methods used.

4.3. The influence of baseline vitamin A status

Our results showed that changes in retinol status were modulated by initial VA status in both children and their mothers. In fact, the increment appeared to be significant only in subjects who were deficient at baseline. Similar findings were reported in several supplementation trials, showing that VA supplementation was most effective in deficient subjects^{33,49}. We also observed an intriguing downward trend in the serum

retinol status of subjects whose initial status was normal. This decline cannot be explained by a higher rate of breast feeding in the normal group, since the rate was 53% as opposed to 60% in initially deficient children^c ($p=0,4$). Neither can the phenomenon be explained by VA intake, which increased from 165 μg RAE to 541 μg RAE in subjects with an initial deficiency, compared with from 165 μg RAE to 482 μg RAE in children with normal retinol status at baseline^c. Since there was a larger decrease in reported morbidity in children whose initial retinol status was low, this factor cannot be held responsible either. Our results are somewhat similar to the negative effects of VA supplements reported in well-nourished children in Tanzania⁵⁰. Further study is required to elucidate this question.

4.4. Aging of children and improvement of vitamin A intake and status

In this longitudinal study, an interesting question is how far the ageing of the children could contribute to improved VA status through higher intake and reduced morbidity. Several studies have shown that VA intake varies very little among children in this age group. In Niger children aged 2 to 4 years, VA intake was not shown to increase significantly over a two-year period, in contrast with macro-nutrient intake⁵¹. In a study in southern India, there was a significant increase in VA intake (breast milk excluded) only between 12 and 24 months, after which time values remained stable until the children were 4 years old⁵². In the same way, the rate of low serum retinol levels appears to change little between the ages of 1 and 5 years, according to data on control groups of supplementation trials^{9,53}. Another large study in Ethiopia showed that there was no significant difference in the average retinol status as a function of age between 6 and 60 months⁵⁴. It is thus unlikely that the increase in age of the children played a significant role in changes in VA intake and status among children in our study.

5. Conclusion

This study has shown that RPO contributes effectively to reducing VA deficiency in children and in women of childbearing age. To our knowledge, it is the first study to

^c Data not shown

check the feasibility and effectiveness of introducing RPO on a commercial basis and thus introducing an element of free choice on the part of the consumer to buy or not to buy. Our results show that it is possible to introduce a new food within a given population if a sufficiently persuasive approach is used and if the product is easily available and its price affordable. Based on the findings, scaling up the promotion and sale of RPO wherever possible appears relevant although other measures are essential to control VA malnutrition. A programme of this sort could evolve in two complementary ways: ongoing promotion of the consumption of RPO in target groups, alone or mixed with other locally available fats, and strengthening of the RPO production and marketing channel by providing support for involved women's groups.

In spite of improvements with the project, however, rates of inadequate VA intakes and low serum retinol concentrations were still high. Given that less than half the target population had eaten RPO in the week preceding the last survey, and that small amounts were consumed, we cannot assume that the maximum effect has been achieved after two years, and indeed, a second project phase is underway. This also points to the need for additional food-based approaches, including VA fortification, and of public health measures for the control of infection.

The potential benefits of RPO for nutrition and health are an argument for integrating it in VA strategies at the national level in Burkina Faso, and possibly also in other regions of the Sahel. RPO is a source not only of VA and fat⁵⁵, but also of antioxidants, in particular vitamin E, which may have a cholesterol lowering effect⁵⁶. In addition, many non-provitamin A antioxidant carotenoids are said to play an important role in the prevention of macular degeneration^{57, 58}, cancer of the prostate⁵⁹, and breast cancer⁶⁰. Furthermore, the potential economic benefits of dietary diversification strategies should not be overlooked, and in the second phase of this pilot project, the income effect for women who take part in RPO production and retailing will be examined.

Liste des références

1. UNICEF. *First call for children: World declaration on the survival, protection and development of children and plan of action for implementing the world declaration on survival, protection and development of children in the 1990s. World Summit for children.* New York: UNICEF, 1990
2. WHO/FAO. *Ending hidden hunger: a policy conference on micronutrient malnutrition.* Montreal: WHO/FAO, 1990.
3. FAO/OMS. *International Conference on Nutrition. World declaration and plan of action for nutrition.* Rome: FAO, 1992.
4. Ag Bendeck M. *Les pratiques prometteuses et les leçons apprises dans la lutte contre la carence en vitamine A dans les pays de l'Afrique subsaharienne.* Arlington: Basics (USAID), 2000.
5. Tang G et al. Green and yellow vegetables can maintain body stores of vitamin A in Chinese children. *Am J Clin Nutr* 1999; **70**:1069-76.
6. Sivan YS et al. Impact of vitamin A supplementation through different dosages of red palm oil and retinol palmitate on preschool children. *J Trop Ped* 2002; **48**: 24-28.
7. van Stuijvenberg ME et al. 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**: 657-62.
8. van Stuijvenberg ME et al. 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.
9. Mosha TC et al. 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.
10. Vuong le T, Dueker SR and 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**: 872-9.
11. de Pee S. Lack of improvement in vitamin A status with increased consumption of dark-green leafy vegetables. *Lancet* 1995; **345**: 75-81.
12. Takyi EE. Children's consumption of dark green, leafy vegetables with added fat enhances serum retinol. *J Nutr* 1999; **129**: 1549-54.
13. Solomons NW. Plant sources of vitamin A and human nutrition: red palm oil does the job. *Nutr Rev* 1998; **56**: 309-11.
14. Delisle H, Zagre NM and 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.
15. de Pee S, Bloem MW and Kiess L. Evaluating food-based programmes for their reduction of VAD and its consequences. *Food Nutr Bull* 2000; **21**: 232-238.
16. Habicht JP, Victoria CG and Vaughan JP. Evaluation designs for adequacy, plausibility and probability of public health programme performance and impact. *Int J Epidemiol* 1999; **28**: 10-8.

17. Bouyer J. *Méthodes statistiques: médecine, biologie*. Paris: ESTEM-INSERM, 1996.
18. NAS and IOM. *Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc*. Washington, DC: National Academy Press, Institute of Medicine, 2001.
19. Brown KH et al. Clinical and field trial of human lactation: methodological considerations. *Am J Clin Nutr*; 1982. **52**: 1005-1013.
20. Creed de Kanashiro H et al. Consumption of food and nutrients by infants in Huascar (Lima), Peru. *Am J Clin Nutr* 1990; **52**: 995-1004.
21. Prentice AM et al., *Cross-cultural differences in lactational performance, in Human lactation: maternal and environmental factors*, New York: M. Hamosh and A.S. Goldman, Editors, 1986.
22. FAO/OMS. *Besoins en vitamine A, fer, acide folique et vitamine B12. Rapport d'une consultation conjointe FAO/OMS d'experts*. Rome: FAO, 1989.
23. Underwood BA et al. *Guidelines for the development of a simplified dietary assessment to identify groups at risk for inadequate intake of vitamin A. Report of the IVACG*. Washington :IVACG, 1989.
24. Sapin V et al. Effect 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.
25. WHO. *Indicators for assessing VAD and their application in monitoring and evaluating intervention programmes*. Geneva :WHO, 1996.
26. Kalter HD et al. Validation of the diagnosis of childhood morbidity using maternal health interviews. *Int J Epidemiol* 1991; **20**: 193-198.
27. Shah BV, Barnwell BG and Bieler GS. *SUDAAN User's manual, release 7.5.*, ed. R.T. Park., Research Triangle Institute: NC, 1997.
28. (INSD). *EDS 1993 Enquête Démographique et de Santé du Burkina Faso 1993.* Maryland, Columbia :Macro International Inc., 1994.
29. (INSD). *EDS 1999 Enquête Démographique et de Santé du Burkina Faso 1999.* Maryland, Columbia: Macro International Inc, 2000
30. Schaumberg DA, Connor JO and Semba RD. Risk factors of xerophthalmia in the republic of Kirabiti. *Eur J Clin Nutr*; 1996. **50**: 761-764.
31. Sommer A, West KP. *Vitamin A deficiency: Health, survival and vision*. New York: Oxford University Press, 1996.
32. van Vliet T. Absorption of beta carotene and other carotenoids in humans and animal models. *Eur J Clin Nutr* 1996; **50 (Suppl.)**: S32-S37.
33. Ribaya-Mercado JD 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**: 455-65.
34. Humphrey JH et al. A priming dose of oral vitamin A given to preschool children may extend protection conferred by a subsequent large dose of vitamin A. *J Nutr* 1993; **123**: 1363-9.
35. Delisle H. et al. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles au Niger. *Cah Et Rech Franc / Agric* 1997; **6**: 553-560.

36. de Pee S et al. 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**: 1058-67.
37. West CE. Meeting requirements for vitamin A. *Nutr Rev* 2000; **58**: 341-5.
38. van Lieshout M et al. Bioefficacy of beta-carotene dissolved in oil studied in children in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 2001; **73**: 949-58.
39. FAO/OMS. *Besoins en vitamine A, thiamine, riboflavine et niacine. Rapport d'un groupe mixte FAO/OMS d'experts. Réunions de la FAO sur la nutrition, rapport n°41*. Rome: FAO, 1967.
40. Hickenbottom S et al. Variability in conversion of beta-carotene to VA in men as measured by using a double-tracer study design. *Am J Clin Nutr* 2002; **75**: 900-7.
41. Lin Y et al. Variability of the conversion of beta-carotene to vitamin A in women measured by using a double-tracer study design. *Am J Clin Nutr* 2000; **71**: 1545-54.
42. van Vliet T, Schreurs WH and van den Berg H. Intestinal beta-carotene absorption and cleavage in men: response of beta-carotene and retinyl esters in the triglyceride-rich lipoprotein fraction after a single oral dose of beta-carotene. *Am J Clin Nutr* 1995; **62**: 110-6.
43. Borel P et al. Low and high responders to pharmacological doses of beta-carotene: proportion in the population, mechanisms involved and consequences on beta-carotene metabolism. *J Lipid Res* 1998; **39**: 2250-60.
44. Smith FR and Goodman DS. The effects of diseases of liver, thyroid and kidneys on the transport of vitamin A in human plasma. *J Clin Invest* 1971; **50**: 2426-2436.
45. Sklan D, Halevy O and 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**: 11-8.
46. Sklan D. Carotene-cleavage activity in chick intestinal mucosa cytosol: association with a high-molecular-weight lipid-protein aggregate fraction and partial characterization of the activity. *Br J Nutr* 1983; **50**: 417-25.
47. Rahman MM et al. Synergistic effect of zinc and vitamin A on the biochemical indexes of vitamin A nutrition in children. *Am J Clin Nutr* 2002; **75**: 92-8.
48. Christian P et al. Zinc supplementation might potentiate the effect of vitamin A in restoring night vision in pregnant Nepalese women. *Am J Clin Nutr* 2001; **73**: 1045-51.
49. Parvin SG, Sivakumar B. Nutritional status affects intestinal carotene cleavage activity and carotene conversion to vitamin A in rats. *J Nutr* 2000; **130**: 573-7.
50. Fawzi WW et al. Vitamin A supplements and diarrheal and respiratory tract infections among children in Dar es Salaam, Tanzania. *J Pediatr* 2000; **137**: 660-7.
51. Tarini A, Bakari S and Delisle H. La qualité nutritionnelle globale de l'alimentation d'enfants nigériens se reflète sur leur croissance. *Cah Et Rech Franc / Sante* 1999; **9**: 23-31.

52. Ramakrihsnan U et al., Dietary VA intakes of preschool-age children in south India. *J Nutr* 1999; **129**: 2012-27.
53. van Stuijvenberg ME et al. 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**: 497-503.
54. Wolde-Gebriel Z, Demeke T and West CE. Xerophthalmia in Ethiopia: a nationwide opthalmological, biochemical and anthropometric survey. *Eur J Clin Nutr* 1991; **45**: 469-478.
55. Zagre NM and Tarini A. L'huile de palme rouge : au delà de la vitamine A, des antioxydants. *Med Nutr* 2001; **37**: 53-58.
56. Qureshi AA et al. Lowering the serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *Am J Clin Nutr* 1991; **53**: 1021S-1026S.
57. Brown L et al. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. *Am J Clin Nutr* 1999; **70**: 517-24.
58. Chasan-Taber L et al. A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women. *Am J Clin Nutr* 1999; **70**: 509-16.
59. Vogt TM et al. Serum lycopene, other serum carotenoids, and risk of prostate cancer in US Blacks and Whites. *Am J Epidemiol* 2002; **155**: 1023-32.
60. Sato R et al. Prospective study of carotenoids, tocopherols, and retinoid concentrations and the risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2002; **11**: 451-7.

Table 1: Household profile at baseline of the study (n=210)

Indicators	%
MOTHERS	
Physiologic status	
pregnant	4.3
breastfeeding	69.5
not pregnant, not breastfeeding	26.2
Educational level	
nil or coranic	84.5
literacy or formal school	15.5
Main occupation	
agriculture	51.9
others (wages, trade, informal sector and craftsmanship)	48.1
Have an additional occupation	36.2
Number of preschool children	
one child	76.4
two or more children	23.6
Number of siblings	
0-1	42.1
2-3	27.4
4 or more	30.5
HEAD OF HOUSEHOLD	
Educational level	
nil or coranic	72.2
literacy or formal school	27.8
Main occupation	
agriculture	40.7
others (wages, trade, informal sector and craftsmanship)	59.3
Have an additional occupation	36.4

Table 2: Anthropometric and morbidity status of children according to year of survey

	Baseline (n=210) 05/1999		Final (n=181) 05/2001		p-value
	Mean	95% CI	Mean	95% CI	
Age(months)	25.6	24.4 – 26.8	50.1	48.9 - 51.3	0,001
HAZ Mean Z-score	-1.15	-1.35- -0.95	-1.6	-1.8; -1.4	0,051
% Z-score < -2.0 (stunting)	23.9	17.1-30.7	31.3	21.9-40.7	0,19
Illness in last fortnight Mean duration of illness (days)	2.2	2.06 – 2.4	0.6	0.5 – 0.7	0,002
% children	49.4	40.8-58.0	21.3	13.5-29.1	0,0001
Measles in the last year (%)	0.7	0.1 – 1.3	0.9	0.2 – 1.6	0,043
Received VA capsules 6 months earlier (%)	96.6	93,2 – 99,8	78.4	74,3 – 82,5	0,042

Table 3 – Changes in total dietary vitamin A intake (RAE/day) of children and mothers

	Baseline (05/1999)		Final (05/2001)		Change		
	VALUE	s.e.	Value	s.e	Value ¹	C.I. ²	p-value ³
CHILDREN	n=210		n=181				
Mean intake	163.7	7.3	514.3	38.3	+350.0	274.3- 425.7	0.0001
25 th percentile	107.1	6.9	177.0	28.4	+69.9	-	-
50 th percentile	154.3	6.9	276.2	27.5	+121.9	-	-
75 th percentile	205.2	7.4	544.8	69.0	+339.6	-	-
Mean intake as % of safe intake level	0.41	0.02	1.20	0.09	+0.79	0.61-0.97	0.0001
% with intake < 0.625	88.8%	3.2%	47.0%	1.6%	0.11	0.07-0.19	0.0001
Distribution of intake as proportion of safe intake level(%)							
<0.30	30.2	3.6	20.7	4.0	-	-	-
0.30 – 0.624	58.7	4.3	26.3	4.3	-	-	-
0.625 – 0.99	9.6	2.9	20.0	4.2	-	-	-
>=1.0	1.6	1.4	33.0	4.3	-	-	-
MOTHERS	n=210		n=184				
Mean intake	235.4	11.5	655.4	72.1	+420.0	278.5-561.5	0.0001
25 th percentile	145.3	6.1	187.2	21.7	+41.9	-	-
50 th percentile	202.7	12.6	301.7	26.1	+99.0	-	-
75 th percentile	282.8	25.8	757.3	103.1	+474.5	-	-
Mean intake as % of safe intake level	0.36	0.02	0.97	0.14	+0.61	0.33-0.89	0.0001
% with intake < 0.625	87.3%	3.4%	59.5%	4.3%	0.21	0.12-0.38	0.0001
Distribution of intake as proportion of safe intake level (%)							
<0.30	53.0	4.1	33.0	4.6	-	-	-
0.30 – 0.624	34.3	4.3	26.4	4.4	-	-	-
0.625 – 0.99	9.6	3.0	13.6	3.3	-	-	-
>=1.0	3.1	1.9	26.9	3.5	-	-	-

1- Difference of means (2001 minus 1999) for continuous indices; odds-ratio (2001 vs 1999) for dichotomous variables.

2- 0.95 confidence interval for survey round effect.

3- Null hypothesis of no difference between 2001 and 1999 : p-value for Wald χ^2 test..

Table 4 – Changes in the contribution of food categories to dietary vitamin A of children and mothers (as proportion of total intake)

	Baseline (05/1999)		Final (05/2001)		Change		
	Mean	SE	Mean	SE	Value ¹	C.I. ²	p-value ³
CHILDREN	n=210		n=181				
Total dietary vitamin A intake	1		1		0	-	-
Total retinol intake	0.33	0.02	0.07	0.01	-0.26	-0.31--0.21	0.0001
From breastmilk ⁴	0.26	0.02	0.00	0.00	-0.26	-0.31--0.21	0.0001
From animal food	0.07	0.01	0.07	0.01	<0.01	-0.02-0.04	0.90
Total carotenoid intake	0.67	0.02	0.92	0.01	+0.25	0.20-0.30	0.0001
From red palm oil	<0.01	<0.01	0.19	0.02	+0.19	0.16-0.22	0.0001
From vegetables (green leaves primarily)	0.43	0.02	0.34	0.03	-0.09	-0.16--0.02	0.012
From fruits	0.24	0.02	0.39	0.03	+0.15	0.09-0.21	0.0001
MOTHERS	n=210		n=184				
Total dietary vitamin A intake	1.0		1.0		0		
Total retinol intake	0.03	0.01	0.05	0.01	+0.02	-0.01-0.04	0.16
Total carotenoid intake	0.97	0.01	0.95	0.01	-0.02	-0.04-0.01	0.16
From red palm oil	<0.01	<0.01	0.23	0.03	+0.23	0.18-0.28	0.0001
From vegetables (green leaves primarily)	0.59	0.02	0.34	0.03	-0.25	-0.31--0.19	0.0001
From fruits	0.38	0.02	0.38	0.03	<0.01	-0.05-0.07	0.97

1- Difference of means (2001 minus 1999).

2- 0.95 confidence interval for difference of means.

3- Null hypothesis of no difference between 2001 and 1999 : p-value for Wald χ^2 test..

4- 59% breastfed in 1999; 0% in 2001

Table 5: Changes in serum retinol concentration ($\mu\text{mol/l}$) of children and mothers

	Baseline (05/1999)		Final (05/2001)		Change		
	Value	s.e.	Value	s.e.	Value ¹	CI ²	p-value ³
Children	n=199		n=140				
Mean serum retinol concentration ($\mu\text{mol/l}$)	0.55	0.02	0.64	0.02	+0.09	0.02 – 0.16	0.012
Serum retinol concentration < 0.70 $\mu\text{mol/l}$ (%)	84.5	3.2	66.9	5.6	0.37	0.19 – 0.73	0.004
Serum retinol concentration <0.35 $\mu\text{mol/l}$ (%)	13.0	1.5	7.6	1.8	0.55	0.31- 0.97	0.04
Mothers	n=199		n=144				
Mean serum retinol concentration ($\mu\text{mol/l}$)	0.69	0.02	0.95	0.04	+0.26	0.16 – 0.34	0.0001
Serum retinol concentration < 0.70 $\mu\text{mol/l}$ (%)	61.8	4.0	28.2	5.5	0.24	0.12 – 0.47	0.0001
Serum retinol concentration <0.35 $\mu\text{mol/l}$ (%)	15.5	3.7	1.2	0.6	0.068	0.022 – 0.21	0.0001

1- Difference of means (2001 minus 1999) for continuous variables; odds-ratio (2001 vs 1999) for dichotomous variables.

2- 0.95 confidence interval

3- Null hypothesis of no difference between 2001 and 1999 : p-value for Wald Chi^2 test..

Figure 1: Conceptual framework of serum retinol changes

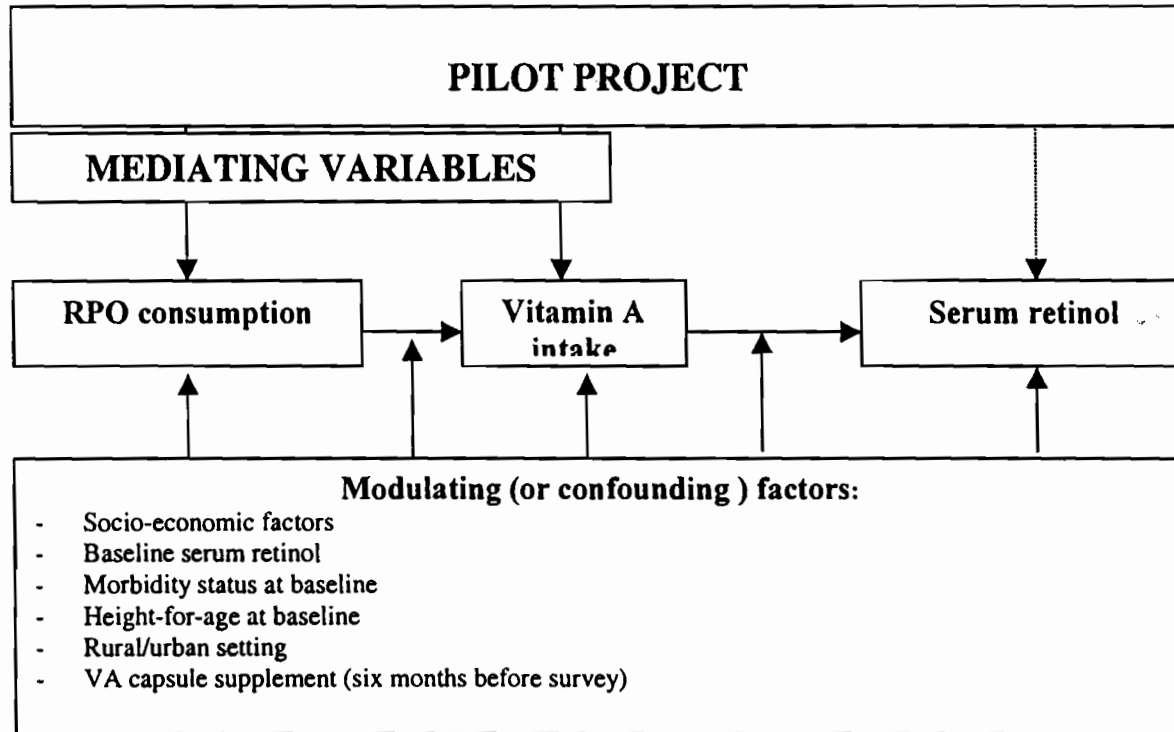


Table 6. Modifiers of serum retinol changes

	Serum retinol ($\mu\text{mol/l}$)			% serum retinol < 0.70 $\mu\text{g/l}$				
	Baseline (05/1999)	Final (05/2001)	Change	Baseline (05/1999)	Final (05/2001)	Change		
CHILDREN	n	Mean	n	Mean	p	%	%	p
Serum retinol at baseline								
< 0.70 $\mu\text{mol/l}$	167	0.48	116	0.62	<10 ⁻⁴	100.0%	68.4%	<10 ⁻⁴
\geq 0.70 $\mu\text{mol/l}$	32	0.91	20	0.74	0.17	0.0%	55.1%	0.0058
	Interaction : p=0.016			Interaction : not computed				
Stunting at baseline								
< -2 z scores	57	0.47	46	0.54	0.035	96.8%	77.8%	0.001
\geq -2 z scores	135	0.58	87	0.66	0.052	80.2%	64.6%	0.057
	Interaction : p=0.73			Interaction : p=0.045				
Number of siblings								
0-1	83	0.57	60	0.61	0.51	84.2%	69.2%	0.11
2-3	54	0.52	33	0.69	<10 ⁻⁴	91.4%	54.0%	0.0002
4 or more	60	0.56	40	0.63	0.15	77.4%	75.2%	0.82
	Interaction : p=0.13			Interaction : p=0.03				
Main occupation of head of household								
Informal sector	47	0.62	24	0.59	0.70	78.4%	88.9%	0.23
Trade, wages, craftsmanship	73	0.51	50	0.64	0.037	61.0%	40.0%	0.019
Agriculture	78	0.53	60	0.66	0.0009	74.9%	52.4%	0.019
	Interaction : p=0.11			Interaction : p=0.017				
MOTHERS								
Serum retinol at baseline								
< 0.70	119	0.47	84	0.88	<10 ⁻⁴	100%	29.9%	<10 ⁻⁴
\geq 0.70	80	1.05	55	1.01	0.62	00.0%	27.2%	0.011
	Interaction p<10 ⁻⁴			Interaction : not computed				
Agriculture as main occupation								
no	97	0.66	67	1.03	<10 ⁻⁴	65.9%	21.9%	0.0003
yes	102	0.74	77	0.84	0.067	55.1%	36.8%	0.09
	Interaction p=0.0014			Interaction p=0.083				
Main occupation of head of household								
Informal sector	48	0.64	26	0.88	0.0056	70.4%	34.0%	0.098
Trade, wages, craftsmanship	63	0.65	57	1.05	<10 ⁻⁴	57.3%	10.8%	<10 ⁻⁴
Agriculture	77	0.80	60	0.86	0.30	58.8%	44.4%	0.22
	Interaction p=0.003			Interaction p=0.0015				

Table 7 – Mediating effect of changes in dietary vitamin A intake in the evolution of serum retinol concentration, using embedded regression models.

	Serum retinol concentration (μ -mol/l)				Serum retinol concentration $<0.70 \mu$ -mol/l			
	p	1999 adjusted mean	2001 adjusted mean	2001 vs 1999 adjusted change	CI	p	2001 vs 1999 adjusted odds-ratio	CI
CHILDREN								
		n=198	n=134					
Model								
(1) Survey round	0.012	0.55	0.64	+0.09	0.02-0.16	0.0053	0.37	0.19-0.74
(2) Survey round plus confounders ¹	0.012	0.55	0.64	+0.09	0.02-0.16	0.021	0.42	0.20-0.88
(3) Survey round plus confounders plus total VA intake (4 classes)	0.12	0.56	0.63	+0.07	-0.02-0.16	0.11	0.47	0.18-1.20
MOTHERS								
		n=198	n=142					
Model								
(1) Survey round	0.0001	0.69	0.94	+0.25	0.16-0.34	0.0001	0.26	0.13-0.50
(2) Survey round plus confounders ²	0.0001	0.69	0.95	+0.26	0.17-0.35	0.0001	0.24	0.12-0.45
(3) Survey round plus confounders plus total VA intake (4 classes)	0.0001	0.71	0.93	+0.22	0.12-0.32	0.0011	0.29	0.14-0.61

1 :Sex of child, main occupation of head of household (agriculture, wages, informal sector, trade or craftsmanship),

secondary occupation of head of household (yes/no), main occupation of mother (agriculture, wages, informal sector, trade or craftsmanship), secondary occupation of mother (yes/no)

2 : Main occupation of head of household (agriculture, wages, informal sector, trade or craftsmanship), secondary occupation of head of household (yes/no), main occupation of mother (agriculture, wages, informal sector, trade or craftsmanship), secondary occupation of mother (yes/no)

CHAPITRE 5 : RESULTATS ET DISCUSSION COMPLEMENTAIRES

Ce chapitre est consacré aux résultats de notre étude qui ne sont pas abordés dans les articles publiés. Il permet ainsi de donner au lecteur une vue sur l'ensemble des résultats de la recherche. Pour cette section, nous avons choisi de présenter ensemble les résultats et la discussion. Ainsi, nous aborderons successivement la comparaison des sujets absents aux prélèvements sanguins du troisième passage à ceux qui étaient présents, l'évolution des connaissances attitudes et pratiques au cours de l'intervention. Puis nous présenterons l'évolution des fréquences de consommation de l'ensemble des aliments sources de VA, avant de nous attarder sur la consommation spécifique de l'HPR. Dans cette section, seront abordés les taux et les quantités moyennes d'HPR consommée, le lien entre le profil socio-économique des ménages et la consommation d'HPR et le lien entre la consommation d'HPR et l'évolution de la rétinolémie. Enfin, nous présenterons les relations entre l'évolution de la rétinolémie et le niveau des connaissances, attitudes et pratiques des femmes en fin d'intervention, puis l'association entre l'évolution des apports en VA et le profil socio-économique. Quant au lien entre l'évolution du rétinol et le profil socio-économique, il a été abordé dans notre deuxième article. Il s'agissait de rechercher parmi les facteurs socio-économiques, ceux qui modulaient l'évolution du rétinol (facteurs modificateurs) ou qui servaient comme facteurs d'ajustement. Nous présenterons néanmoins les tableaux des résultats de ces analyses dans les annexes.

5.1. COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES DES SUJETS PRESENTS ET DE CEUX ABSENTS AU PRELEVEMENT SANGUIN DU PASSAGE 3

Nous avons évoqué dans la méthodologie le risque de biais que les sujets absents à la fin de l'étude peuvent induire dans les résultats des analyses, risque qui existe seulement si les sujets absents ne sont pas aléatoires. Dans cette partie, nous envisageons d'abord de présenter l'évolution des effectifs au cours de l'étude, puis de

vérifier si les sujets qui étaient absents aux prélèvements de sang du passage 3 se distinguaient significativement de ceux qui étaient présents. Dans l'affirmative, nous serions alors en présence d'un risque accru de biais de sélection. Dans la suite du texte, les expressions "donnée manquante" et "donnée disponible" correspondent respectivement en réalité à "donnée de rétinol sérique manquante" et "donnée de rétinol sérique disponible".

La figure 7 présente l'évolution des effectifs des mères et des enfants de l'échantillon, du premier passage d'enquête au mois de mai 1999 (passage 1) jusqu'au dernier passage en mai 2001 (passage 3). Elle montre les effectifs de sujets qui se sont prêtés aux interviews d'une part, et aux prélèvements sanguins d'autre part aux différentes étapes, ainsi que les motifs de défection.

Parmi les raisons des sujets manquants, on distingue:

- les décès et les maladies d'enfants: les décès ont été observés uniquement au cours de la première année de l'intervention et étaient consécutifs à des affections courantes de la région. Parmi les sept enfants décédés, quatre l'ont été par diarrhée, et trois par paludisme. Concernant les malades, les affections fréquemment déclarées sont les diarrhées, la toux et la fièvre. Parmi les enfants décédés, cinq avaient une faible rétinolémie et deux présentaient un retard statural
- Les absences : ce sont des personnes qui n'ont ni déménagé ni voyagé, mais qui étaient absentes au moment de l'enquête ou des prélèvements par oubli du rendez-vous, ou en raison d'activités hors du village
- Les voyages et les déménagements: les personnes étaient en déplacement hors du village de façon temporaire (voyage) ou définitive (déménagement)
- Les désistements: il s'agit des sujets qui se sont présentés à nous pour manifester leur désir de quitter l'étude, sans aucune raison déclarée.
- Les refus du prélèvement sanguin: ils ont été observés surtout au dernier passage (après 24 mois). Les femmes ont évoqué la crise alimentaire qui sévissait dans la zone pour justifier leur refus du prélèvement, bien qu'elles continuent à participer à l'étude en répondant aux interviews, elles ont estimé

qu'elles ne voulaient plus prendre le risque de donner encore de leur sang alors qu'elles n'avaient pas d'argent pour acheter de la nourriture.

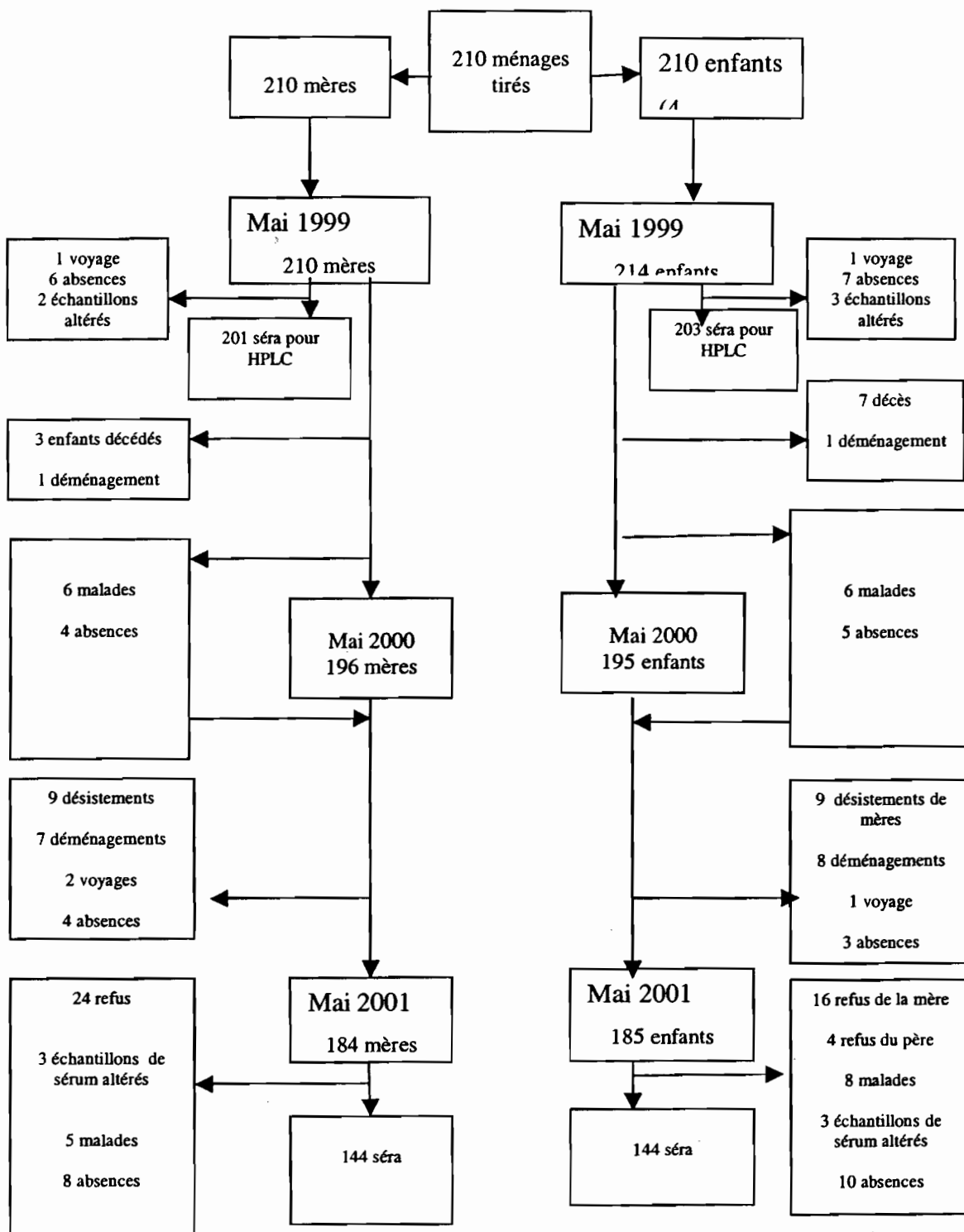
- Les échantillons altérés à la suite des manipulations au laboratoire.

L'importance des déménagements, des désistements et des refus de prélèvement, constatés surtout lors du troisième passage pourraient être rattachés essentiellement aux circonstances de sécheresse survenue à cette période. Cependant, en ce qui concerne les refus de prélèvement, la crainte des femmes que le prélèvement puisse être utilisé pour le dépistage de l'infection à VIH pourrait constituer une autre raison; en effet, certaines femmes ont refusé pour elles mais ont permis le prélèvement chez leurs enfants.

Nous avons collecté en tout 144 échantillons de sérum de mères et également 144 d'enfants au troisième passage. Quatre données de rétinol sérique d'enfants trop jeunes ont été éliminées de toutes les analyses.

La question des données manquantes comporte deux dimensions, la première étant l'incidence selon le nombre de données manquantes, sur les effectifs finaux, la deuxième étant le risque de biais de sélection. En ce qui concerne la première préoccupation, elle a été prise en compte par l'application de poids de redressement lors des analyses (Voir section Traitement et analyses statistiques). Quant aux risques de biais de sélection, le caractère aléatoire ou non des données manquantes constitue la question centrale. Dans cette étude, on peut admettre que les échantillons altérés au laboratoire soient aléatoires; en revanche, rien ne permet de dire que les enfants décédés ne sont pas issus des familles les plus démunies, ou que les mères qui désistent ne sont pas les plus instruites. Ces situations étant à l'origine de biais, nous avons tenu à vérifier que les données manquantes (sujets absents et données volontairement éliminées) ne présentent pas de différence significative comparativement aux sujets sans données manquantes.

Figure 7: Evolution des effectifs aux trois passages



Le tableau XIV présente la comparaison des sujets à données disponibles ou manquantes, du point de vue des caractéristiques socio-économiques des ménages, ainsi que du sexe et de l'anthropométrie des enfants au début du projet. On constate que pour toutes les variables étudiées, on n'observe pas de différence significative entre sujets à données absentes et disponibles, sauf pour le niveau de scolarité des parents. En effet, les mères "absentes" sont plus souvent de niveau primaire ou plus que les "présentes" (13,4% contre 4,8%; $p=0,028$) qui sont surtout des mères sans scolarisation ou ayant été à l'école coranique. La même observation s'applique aux pères, plus de pères ayant atteint le niveau de l'école primaire chez les absents que chez les présents (22,7% contre 8,9%; $p=0,007$). On peut se demander pourquoi le niveau scolaire jouerait en défaveur de la participation à l'évaluation, mais il est possible que les personnes scolarisées soient plus difficiles à convaincre par les animatrices, elles même d'un niveau comparable. On peut également imaginer que les sujets ayant un niveau scolaire plus élevé soient plus mobiles, parce qu'ils seraient plus impliqués dans des activités hors de leur village.

Tableau XIV Profil des ménages à données manquantes ou disponibles après 24 mois

	Sujets avec données manquantes (n=66)	Sujets sans données manquantes (n=144)	Manquants versus non manquants	
			Khi ²	p
Enfants de sexe féminin	38 (56,7%)	68 (46,3%)	2,1	0,1
Taille-âge < -2 zscore	15 (22,4%)	45 (30,6%)	1,9	0,4
Mères de plus de 30 ans	25 (37,9%)	69 (46,9%)	3,7	0,08
Mères ayant 3 enfants et plus	42 (63,6%)	84 (57,5%)	1,6	0,69
Mères ayant au moins 2 enfants de moins de 5 ans	20 (29,9%)	44 (29,9%)	1,3	0,56
Mères agricultrices	30 (44,8%)	79 (53,7%)	2,6	0,14
Mères de niveau primaire ou plus	9 (13,4%)	7 (4,8%)	5,9	0,028
Pères agriculteurs	24 (35,8%)	62 (42,5%)	2,9	0,22
Pères de niveau primaire ou plus	15 (22,7%)	13 (8,9%)	8,3	0,007

5.2. RETINOL SÉRIQUE INITIAL DES SUJETS SUIVIS ET DES SUJETS PERDUS

Le tableau XV présente le statut initial en VA (rétinolémie moyenne et taux de faible teneur) pour les sujets ayant été suivis jusqu'en fin d'intervention et pour ceux qui ont été perdus. Une telle comparaison complète celle caractéristiques socio-économiques et permet de vérifier l'impact éventuel des sujets perdus sur les risques de biais.

La lecture du tableau montre qu'il n'y a pas de différence significative de statut en VA entre les sujets suivis complètement et ceux perdus. En effet, chez les mères, on note une absence de différence significative du statut initial en VA entre les sujets suivis et ceux perdus ($p=0,6$ pour la rétinolémie moyenne et $p=0,45$ pour le taux de faible teneur de rétinol). Il en est de même chez les enfants à l'exception de la rétinolémie moyenne qui est de $0,57 \mu\text{mol/L}$ chez les enfants perdus alors qu'elle est de $0,51 \mu\text{mol/L}$ chez ceux suivis ($p=0,047$). On peut donc légitimement penser que malgré l'important effectif de sujets qui se sont soustraits au dernier prélèvement, les biais qu'ils occasionnent soient minimes.

Tableau XV: Rétinol sérique initial des enfants et des mères suivis et de ceux perdus

	Sujets perdus	Sujets suivis	Effet passage	
			Khi ² ou F	p
Enfants	n = 63	n = 136		
Rétinol sérique moyen en $\mu\text{mol/l}$ (SE)	0,57 (0,16)	0,51 (0,17)	3,98	0,047
% Rétinol sérique < 0,70 $\mu\text{mol/l}$ (SE)	79,7 (5,1)	86,0 (3,2)	0,308	0,18
Mères	n = 60	n = 139		
Rétinol sérique moyen en $\mu\text{mol/l}$ (SE)	0,79 (0,6)	0,68 (0,4)	0,26	0,6
% Rétinol sérique < 0,70 $\mu\text{mol/l}$ (SE)	58,3 (4,4)	62,8 (2,9)	0,875	0,45

5.3. ÉVOLUTION DU RÉTINOL SÉRIQUE DES SUJETS AYANT COMPLÉTÉ LE SUIVI

Nous avons présenté dans le tableau XVI ci-dessous l'évolution du rétinol sérique pour les sujets qui ont été suivis complètement.

Il ressort de ce tableau une amélioration significative du statut en VA des enfants et des mères ayant complété le suivi, avec des niveaux de seuil de signification de l'ordre de 10^{-4} . Lorsque les analyses avaient été faites avec les sujets n'ayant pas forcément complété le suivi (Cf article 2), les mêmes conclusions avaient été obtenues. Le niveau d'accroissement de la rétinolémie moyenne pour les sujets complètement suivis ($0,13 \mu\text{mol/L}$ chez les enfants et $0,26 \mu\text{mol/L}$ chez les mères) est assez comparable à celui obtenu avec les analyses intégrant en plus les sujets n'ayant qu'une seule valeur de rétinolémie ($0,09 \mu\text{mol/L}$ pour les enfants et $0,26 \mu\text{mol/L}$ pour les mères). Quant aux prévalences de faible rétinolémie, elles ont baissé de 19,1 points en pourcentage et de 34,2 points en pourcentage respectivement chez les enfants et les mères ayant été suivis complètement, baisses que nous considérons être du même ordre de grandeur (17,6 et de 33,6 points en pourcentage respectivement pour les enfants et les mères) que lorsque l'analyse est faite en incluant les sujets ayant au moins une rétinolémie manquante.

Tableau XVI: Rétinol sérique des enfants et des mères suivis aux deux passages

	Passage 1	Passage 3	Effet passage	
			Khi ²	t p
Enfants (n =136)				
Rétinol sérique moyen en $\mu\text{mol/l}$ (SE)	0,51 (0,17)	0,64 (0,23)	4,8	0,0001
% Rétinol sérique < 0.70 $\mu\text{mol/l}$ (SE)	86,0 (3,7)	66,9 (5,5)	120,8	0,0001
Mères (n = 139)				
Rétinol sérique moyen en $\mu\text{mol/l}$ (SE)	0,68 (0,4)	0,94 (0,4)	5,3	0,0001
% Rétinol sérique < 0.70 $\mu\text{mol/l}$ (SE)	62,8 (3,9)	28,6 (4,9)	280,2	0,0001

5.4. EVOLUTION DES CONNAISSANCES, ATTITUDES ET PRATIQUES DES FEMMES ENTRE LE DEBUT ET LA FIN DU PROJET PILOTE

Les connaissances, les attitudes et les pratiques (CAP) des mères en lien avec l'HPR ont été ici considérées comme des résultats du projet pilote. En effet, le projet visait notamment à sensibiliser les femmes sur la carence en VA et aux activités de promotion de l'HPR. En dehors des connaissances sur la cécité nocturne, les variables de CAP ont été mesurées à partir du deuxième passage d'enquête. Dans un but descriptif, nous avons distingué les variables qui portent sur la connaissance de la cécité nocturne par les mères, celles qui témoignent de leur familiarité avec le projet, leurs attitudes vis à vis de l'HPR, et enfin leurs pratiques d'utilisation de l'HPR.

5.4.1. Connaissance de la cécité nocturne

Le tableau XVII donne pour chaque passage les proportions de réponses par grandes catégories sur la connaissance des causes, des moyens de traitement et de prévention de la cécité nocturne. La totalité des femmes connaissant la cécité nocturne ainsi que son nom en langue locale, nous n'avons pas jugé utile de porter cette information dans le tableau.

Parmi les causes citées par les femmes, le "sabga" a été évoqué par de nombreuses femmes; il s'agit d'un terme de la langue locale très mal défini, mais très courant. En réalité, il nous semble que ce terme, très courant, est utilisé pour désigner tous les états pathologiques que la population ne peut pas rattacher à une maladie connue et identifiée. Environ 77% des femmes ont donné le "sabga", ou le soleil, ou encore ont déclaré ne pas connaître les causes de la cécité nocturne, le reste des femmes ayant donné des réponses jugées satisfaisantes, qui évoquaient l'alimentation, la maladie ou la grossesse.

Tableau XVII: Réponses déclarées et évolution des proportions de femmes connaissances en matière de cécité nocturne en % (SE)

	Passage 1 (n=210)	Passage 2 (n=196)	Passage 3 (n=184)	Effet passage (seuil = 5%)	
				Khi ²	p
Causes					
Sabga, soleil, ne sait pas	77,1 (3,7)	77,5 (3,8)	76,9 (4,2)	0,02	0,9
Alimentation/ maladie/grossesse	22,9 (3,7)	22,5 (3,8)	23,1 (4,2)		
Moyens de traitement					
Ne sait pas/tisanes	31,4 (4,1)	47,0 (4,6)	8,3 (3,2)		
Foie/capsules VA/ comprimés de VA	68,6 (4,1)	53,0 (4,6)	91,7 (3,2)	46,4	0,0001
Moyens de prévention					
Ne sait pas/tisane	80,6 (3,3)	25,5 (4,1)	10,0 (2,6)		
Capsules ou comprimés VA	3,0 (0,9)	4,6 (1,1)	0,6 (0,5)	72,1	0,0001
Aliments/sauces	9,4 (2,6)	2,4 (0,9)	2,4 (0,9)		
Foie/ARVA/HPR	6,9 (2,2)	67,5 (4,2)	87,0 (2,8)		

La situation au passage 1 laisse supposer que dans cette communauté, les moyens de traitement sont mieux connus, en dehors de toute intervention, que les causes et les moyens de prévention. En effet, près de 70% des femmes connaissaient déjà les moyens de traiter la cécité nocturne, alors qu'environ 20% seulement donnaient des réponses correctes sur les causes et les moyens de prévention. L'évaluation préalable à une intervention de jardinage scolaire à l'Est du Burkina a trouvé une proportion similaire (de l'ordre de 87%) de femmes ne connaissant pas les causes de la cécité nocturne (270). Par contre, les moyens de traitement semblent moins bien connus par les femmes dans cette région que dans notre étude, puisque seulement 27% donnaient des réponses satisfaisantes.

Comme les proportions des sujets connaissant les causes et ceux connaissant les moyens de prévention sont assez proches, on pourrait supposer qu'il y a une concordance logique, la connaissance des causes devant logiquement conduire à une connaissance des moyens de prévention. Or, cela n'est pas vérifié, car les réponses données comme causes ne sont pas en harmonie avec celles des moyens de

prévention. A titre illustratif, les femmes qui considèrent la morbidité comme une cause de la cécité nocturne ne citent pas, paradoxalement, la prévention des maladies comme moyen de prévention.

Il ressort également que les connaissances ont évolué favorablement et significativement entre les premier et dernier passages, sauf pour la connaissance des causes. En particulier, les moyens de prévention, méconnus par 81% des répondants avant l'intervention, étaient connus en fin d'intervention par près de 90% des femmes.

5.4.2. Familiarité des femmes avec le projet

Nous avons jugé de la familiarité ou de degré d'imprégnation des femmes avec le projet par la connaissance des vendeuses, des activités du projet, des groupes cibles du projet et des messages donnés par les animatrices.

Le tableau XVIII montre bien qu'à l'exception de la connaissance des vendeuses d'HPR, les autres indicateurs ont connu une amélioration entre les passages 2 et 3. Les réponses sont classées dans le tableau de façon ordinale, la réponse correcte étant la dernière.

Tableau XVIII: Evolution des indicateurs de familiarité des femmes avec le projet

	Passage 2 (n=196)	Passage 3 (n=184)	Effet passage (à 5%)	
			Chi ²	p
Connaissent au moins une activité du projet	43,3 (3,6)	84,7 (3,7)	72,2	0,0001
Connaissent au moins une vendeuse HPR	96,9 (0,9)	56,2 (4,2)	72,1	0,001
Connaissance des raisons de conseil de HPR				
• Ne sait pas, sabga, sang	46,9 (4,6)	7,7 (2,1)		
• Donne la vitamine	47,8 (4,6)	47,1 (4,7)	109,2	0,0001
• Protège des maladies	0,0 (0,0)	15,1 (3,6)		
• Protège de la cécité nocturne	5,4 (1,8)	30,2 (4,4)		
Connaissance des groupes cibles				
• Ne sait pas	17,6 (3,6)	2,0 (1,7)		
• Autres (adolescents, malades, tous)	51,4 (4,6)	0,0 (0,0)		
• Certains enfants et femmes	6,9 (2,4)	66,3 (4,6)	212,5	0,0001
• Tous les jeunes enfants et femmes	24,0 (5,3)	31,7 (4,5)		

Ces données montrent un accroissement de la proportion des bonnes réponses entre les passages 2 et 3. Au passage 2, on trouve cependant un grand nombre de femmes (94,7%) qui méconnaissent les raisons pour lesquelles le projet conseille l'HPR, alors que 12 mois d'activités s'étaient déjà déroulés. De même 69% des femmes ne connaissaient toujours pas les groupes cibles du projet. Un autre fait marquant est la baisse importante (de 96,9% à 56,2% entre P2 et P3) des répondantes qui déclarent connaître au moins une vendeuse d'HPR alors qu'au cours de la même période, le nombre de femmes ayant consommé l'HPR dans la semaine précédant l'enquête est passé de 61 à 80. Il apparaît ainsi une incohérence entre ces deux réponses, à moins d'admettre qu'un sujet puisse avoir consommé l'huile sans l'avoir achetée chez une vendeuse du village.

Nous avons résumé dans le tableau XIX, les perceptions des femmes sur le goût, le prix et la disponibilité de l'HPR dans les villages. Pour les femmes qui n'en ont pas acheté depuis une année, ce qui correspond à l'enquête précédente, les obstacles à l'achat de l'huile ont été relevés.

Nous n'avons pas porté dans le tableau l'appréciation des femmes sur le goût de l'huile, ni sur sa disponibilité et son prix, avant le début de l'intervention, le projet n'ayant encore ni introduit, ni fait la promotion du produit. On note que dans le cadre du projet, le goût de l'HPR a été bien apprécié par les femmes, à en croire leurs réponses après un an d'intervention, et que cela s'est maintenu jusqu'en fin d'intervention en 2001. En revanche, il ressort qu'en ce qui concerne le prix de l'huile et sa disponibilité dans les villages, les perceptions favorables sont significativement moins fréquentes au passage 3 qu'au passage 2. En effet, aucune femme ne trouvait le prix de l'huile convenable au passage 3 alors qu'on en trouvait 44,5% au passage 2. De même, l'huile a été jugée disponible par seulement 1,7% des femmes au troisième passage contre environ 60% au deuxième. Cette baisse des bonnes perceptions des femmes sur l'HPR pourrait être due simplement à une baisse circonstancielle des revenus des populations pour ce qui concerne le prix. On ne peut non plus écarter la possibilité d'une baisse de l'enthousiasme des vendeuses villageoises, en raison d'une baisse des performances du projet au cours de la deuxième année.

Par ailleurs, le prix de l'huile a fréquemment été cité lors des interviews comme un obstacle à l'achat de l'huile, 63,3% des femmes au passage 2 et 57,1% au passage 3. Selon nous, cette baisse de bonne perception du prix ne pourrait tenir qu'au fait que les efforts de persuasion sur l'importance de l'HPR comme source de VA n'ont pas entièrement porté fruit, puisque les femmes trouvent le produit trop cher, alors que les quantités requises par jour correspondraient à une dépense quotidienne d'environ de cinq à dix francs CFA. Ce montant a été reconnu par l'ensemble des partenaires du projet et même des femmes comme étant à la portée des ménages. L'appréciation du prix comporte une dimension psychologique, le prix étant généralement jugé acceptable lorsqu'on considère le produit important.

Il y a par conséquent tout lieu de croire que si rien n'est fait pour persuader davantage les femmes sur l'importance de la consommation de l'HPR, tout en oeuvrant à l'amélioration de leurs revenus, la durabilité des acquis puisse être affectée.

Dans le sous-ensemble des femmes qui n'ont pas acheté l'huile depuis les douze derniers mois, on note une baisse de celles qui évoquent le prix comme un obstacle entre le deuxième et le troisième passage. On noté également que les femmes citant la non appréciation du goût comme un motif de non-achat ont baissé, car elles passent de 20% à 16,7%. Ces constatations semblent indiquer que l'huile a connu effectivement une certaine indisponibilité au cours de ce laps de temps.

Tableau XIX: Perceptions des femmes sur l'HPR

	Passage 2 (n=196)	Passage 3 (n=184)	Effet passage (à 5%)	
			Khi ²	p
Goût apprécié	95,1 (4,9)	96,6 (4,9)	3,7	0,3
Perception du prix				
• Ne sait pas	37,2 (4,4)	54,3 (4,7)	93,3	0,0001
• Trop élevé	17,7 (2,4)	45,7 (4,7)		
• convenable	44,9 (4,5)	0,0 (0,0)		
Perception de la disponibilité de l'HPR au village				
• ne sait pas	39,1 (4,4)	31,4 (4,5)	227,6	0,0001
• manque souvent	1,2 (0,6)	66,8 (4,5)		
• disponible	59,6 (4,5)	1,7 (1,7)		
Obstacles à l'achat d'HPR*				
• Le prix	63,3 (3,8)	57,1 (2,9)	74,8	0,0001
• La disponibilité	16,7 (2,8)	23,8 (2,4)		
• Le goût	20,0 (2,3)	16,7 (2,7)		

*parmi les femmes qui ont déclaré n'en avoir pas acheté depuis le dernier passage

5.4.4. Utilisations de HPR

Les résultats obtenus montrent que 63 enfants et 61 femmes ont déclaré avoir consommé l'HPR au cours de la semaine précédant le passage 2 (soit respectivement 32,9% et 31,2%). Ces taux ont augmenté au passage 3, puisque 77 enfants et 80 femmes ont été inscrits comme ayant consommé l'HPR. Une analyse détaillée montre qu'il y a eu des nouveaux consommateurs au passage 3, mais il y a eu également des abandons. On a dénombré 24 abandons chez les enfants et 22 chez les mères, contre respectivement 38 et 41 nouveaux consommateurs.

Quant à l'utilisation qui est faite de l'HPR par les répondantes, le tableau XX présente les modalités. Il faut rappeler que le projet avait recommandé qu'une cuillère à café d'huile (environ 6,6 g) soit ajoutée au plat individuel de l'enfant ciblé, juste avant qu'il mange. En considérant une teneur de 64 à 106 μg EAR /g d'HPR comme nos résultats l'ont rapporté, cette recommandation assurerait à l'enfant un apport compris entre 422 et 699 μg EAR par jour, ce qui couvre ses besoins de sécurité de 400 μg

également dans son plat individuel juste avant de manger, ce qui ferait un apport quotidien compris entre 650 et 1250 μg EAR. Le projet avait également préconisé la possibilité que l'huile soit consommée sous la forme de sirop par les groupes cibles. Cette modalité de réponse s'étant montrée très peu pratiquée, elle a été intégrée à la consommation dans le plat individuel.

L'effet néfaste de la température pour ce qui concerne la modalité d'utilisation de l'huile lors de la cuisine a été souvent exagérée. En réalité, les déperditions importantes consécutives au chauffage arrivent dans les cas où l'huile est chauffée intensément pour la décolorer, ce qui n'arrive que dans des cas très particuliers et pas lors des préparations culinaires habituelles.

Tableau XX: Mode d'utilisation et connaissances des quantités d'HPR recommandées pour les enfants et les femmes

	Passage 2 (n=196)	Passage 3 (n=184)	Effet passage (à 5%)	
			Khi ²	p
Mode d'utilisation HPR				
• N'importe laquelle	5,8 (1,9)	5,4 (2,8)	73,1	0,0001
• Cuisine	84,4 (3,1)	43,9 (3,8)		
• Plat commun	9,8 (2,5)	48,8 (4,4)		
• Plat individuel	0,0 (0,0)	1,9 (0,8)		
Connaissance des doses recommandées				
• Aucune dose connue	50,7 (4,6)	48,3 (4,7)	11,9	0,0001
• Au moins une dose connue	39,6 (4,6)	51,7 (4,7)		
• Les deux doses connues	9,7 (2,9)	0,0 (0,0)		

Au niveau de l'utilisation de l'HPR par les femmes dans les ménages, il apparaît que les comportements recommandés par le projet, à savoir le rajout de l'huile dans les plats individuels étaient ignorés au passage 2 et restaient faiblement pratiqués au passage 3, même s'il y a eu une amélioration. Cependant, l'utilisation en cuisine a fortement baissé entre les deux derniers passages. Il faut rappeler qu'en général la consommation alimentaire dans les zones rurales se fait habituellement dans des plats communs, la consommation dans des plats individuels étant pratiquement inexistante. Malgré la pratique d'une telle modalité de prise des repas dans cette région, l'huile a été positionnée dans les sites d'intervention comme un supplément alimentaire individuel à ajouter au repas individuel au moment de la consommation. L'huile n'est donc ni un médicament, ni une huile de cuisine, en raison des avantages. D'abord, la consommation en plat individuel présente l'avantage, comparativement à celles en plat commun ou en cuisine, de réduire les quantités nécessaires au niveau des ménages, et de baisser par conséquent les coûts. Ensuite, cela évite de faire concurrence avec les autres huiles et matières grasses végétales telles que l'huile d'arachide et le beurre de karité, qui sont mieux connus par les populations.

Cependant, comme les jeunes enfants reçoivent des repas en plus de ceux de tout le ménage, l'huile de palme pourrait être rajoutée à ces moments chez l'enfant.

Concernant la connaissance des doses recommandées pour les enfants et les mères, le projet conseillait une cuillère à café par jour pour les enfants en bas âge et une cuillère à soupe pour les femmes en âge de procréer.

On constate qu'au deuxième passage la moitié des femmes interrogées ne connaissaient ni la dose pour les enfants ni celle pour les femmes, et environ 40% ne connaissaient qu'une seule des deux doses. Environ 10% des femmes connaissaient les doses pour les deux groupes cibles au passage 2, alors qu'au passage 3 aucune femme ne les connaissait plus. Cette baisse des réponses correctes au troisième passage est surprenante, mais on peut supposer plusieurs explications à cela. D'abord, il est possible que toutes les questions faisant intervenir une dimension financière dans la réponse aient été mal reçues par les femmes, puisque la question sur la connaissance des vendeuses d'HPR a également connu une baisse des réponses correctes. Cependant, la baisse des performances du projet lui-même nous semble être l'explication la plus plausible.

5.5. EVOLUTION DE LA CONSOMMATION DE L'ENSEMBLE DES ALIMENTS SOURCES DE VA AU COURS DU PROJET

La contribution des différents aliments aux apports totaux en VA et à leur évolution a été évoquée dans les deux articles. Dans cette section, nous présentons les fréquences de consommation de ces aliments au cours du projet.

Le tableau XXI pour les enfants et tableau XXII pour les mères donnent la distribution des sujets selon leur fréquence de consommation des principaux aliments sources de vitamine A au cours de la période considérée. Pour les aliments d'origine végétale, incluant l'HPR, les classes de fréquence représentent les nombres de jours de consommation au cours de la semaine écoulée, alors que dans le cas des produits

animaux, il s'agit du nombre de jours de consommation au cours du mois précédent. Ces classes de fréquence prennent en compte les individus n'ayant pas du tout consommé d'aliments sources de VA.

Les aliments sources de VA dans cette région comprennent essentiellement, au titre des produits végétaux, outre l'HPR, des sauces à base de feuilles vertes fraîches ou séchées dont les plus communes sont les feuilles de haricot, d'oseilles et de bulvaka. Le bulvaka correspond à la corète potagère (*Corchorus olétorus*). Les fruits sont constitués par les mangues, en fin de saison de production au moment des enquêtes, et secondairement le néré. Les sources animales consommées sont le foie des volailles ou de petits ruminants et les oeufs de volaille. Le lait et produits laitiers sont disponibles mais très rarement consommés.

L'examen du nombre de jours de consommation des différentes denrées alimentaires étudiées montre que, lorsqu'ils sont consommés, les produits végétaux le sont entre une et trois fois par semaine dans la grande majorité des cas, quelques sujets seulement atteignant 6 fois par semaine pour la sauce bulvaka. En revanche, les produits animaux sont consommés au maximum trois fois au cours du mois. On constate en outre que le taux de non-consommation des produits animaux est très élevé, atteignant 75% pour le foie de petits ruminants, 80% pour les œufs et 94% pour le foie de volaille.

Chez les enfants, on constate que la proportion qui a consommé l'HPR au moins une fois au cours de la semaine, nulle avant le début de l'intervention, est passée à 27,7% 12 mois plus tard (63 enfants), puis est pratiquement restée au même niveau à la fin de l'intervention, avec 26,5% (77 enfants)¹¹ ayant consommé au moins une fois dans la dernière semaine. On note également une tendance à l'augmentation des sujets consommant trois fois ou plus les sauces à base de feuilles fraîches ou séchées, ainsi que les mangues, dès 12 mois après le début du projet, alors que la consommation en

¹¹ Les proportions ont été calculées après pondération et redressement, comme indiqué dans la section consacrée à la méthodologie. Elles sont de 33% et de 42,5% sans pondération ni redressement.

légère baisse pour la sauce bulvaka. La proportion d'enfants n'ayant pas consommé de sauce à base de feuilles fraîches au P1 a très fortement baissé entre le premier passage et les passages subséquents (de 90% à 4,7% puis 11,7%).

En ce qui concerne les produits animaux, il apparaît que la distribution de la consommation du foie n'est pas significativement différente selon les passages, mais on note que le taux et la fréquence de consommation du foie de petits ruminants est plus élevée que dans le cas du foie de poulet. Cela semble se retrouver également chez les mères.

Enfin, la consommation d'œufs est augmentée de manière significative chez les enfants aux 2^{ème} et 3^{ème} passages par rapport au premier; cela est également noté chez les mères.

Tableau XXI: Fréquence de consommation des aliments sources de VA par les enfants en % (SE)

	Avant intervention (n = 210)	Après 12 mois (n = 191)	Après 24 mois (n = 181)	Effet passage (à 5%)	
				Khi ²	p
Huile de palme rouge					
• 0	100,0 (0,0)	72,3 (2,5)	73,5 (2,7)	126,6	0,0001
• 1 ou 2 jours /semaine	0,0 (0,0)	19,0 (2,4)	17,9 (2,5)		
• 3 jours ou + / semaine	0,0 (0,0)	8,7 (1,4)	8,6 (1,5)		
Mangues					
• 0	24,3 (3,7)	24,0 (3,9)	28,8 (4,3)	25,5	0,0001
• 1 ou 2 jours /semaine	57,0 (4,3)	36,1 (3,8)	36,0 (3,9)		
• 3 jours ou + /semaine	18,7 (3,4)	39,9 (4,4)	35,1 (4,6)		
Sauce bulvaka séché					
• 0	14,6 (3,3)	26,6 (3,7)	29,4 (3,9)	18,8	0,0013
• 1 ou 2 jours /semaine	50,4 (4,1)	53,3 (4,6)	50,2 (4,7)		
• 3 jours ou + /semaine	35,0 (4,2)	20,1 (4,0)	20,4 (4,1)		
Sauce feuilles fraîches					
• 0	90,0 (3,1)	4,7 (2,2)	11,7 (3,2)	567,7	0,0001
• 1 ou 2 jours /semaine	7,0 (2,7)	32,3 (4,3)	29,8 (4,3)		
• 3 jours ou + /semaine	3,0 (1,9)	63,0 (4,4)	58,5 (4,6)		
Sauce feuilles séchées					
• 0	64,0 (3,9)	26,1 (4,3)	29,4 (4,5)	44,6	0,0001
• 1 jour /semaine	16,8 (3,7)	40,1 (4,5)	39,0 (4,6)		
• 2 jours ou + /semaine	19,2 (3,8)	33,8 (4,0)	31,6 (3,9)		
Foie de petits ruminants					
• 0	83,9 (3,1)	75,1 (3,7)	75,5 (3,8)	8,3	0,21
• 1 jour / mois	12,7 (2,7)	14,6 (3,3)	13,7 (3,1)		
• 2 ou 3 jours / mois	3,4 (1,6)	10,3 (2,1)	10,8 (2,7)		
Foie de volailles					
• 0	90,8 (1,9)	93,9 (0,9)	93,6 (0,9)	3,1	0,19
• 1 ou 2 jours / mois	9,2 (2,7)	6,1 (0,9)	6,5 (0,9)		
Œufs					
• 0	92,2 (2,7)	79,1 (3,4)	83,2 (3,2)	13,4	0,004
• 1 ou 2 jours / mois	7,8 (2,7)	20,9 (3,4)	16,8 (3,2)		

Il apparaît, à la différence des enfants, que la fréquence de consommation de foie de petits ruminants (mais non celle de volaille) augmentait significativement entre le premier passage et le dernier passage d'enquête. On constate ainsi qu'aucune des femmes n'avait consommé du foie de volaille au cours du mois précédent la première enquête, alors que 9,7% avaient mangé au moins une fois du foie de petits ruminants durant la même période. On observe pour le foie de volaille, au cours des passages

le cas du foie de petits ruminants, l'on passe de 9,7% à 28,0% en fin d'intervention. Quant aux oeufs, on constate une hausse significative ($p=0,004$), comme chez les enfants, de la proportion de mères ayant consommé des œufs au moins une fois au cours du mois. Chez les mères comme chez les enfants, on peut noter que les produits animaux sont en général peu consommés. Au Mali, on a trouvé que la consommation du foie se limitait aux seuls jours de marché (176), tandis que les œufs étaient déconseillés pour les enfants, comme c'est le cas dans les croyances de nombreuses populations africaines en général, et au Burkina Faso.

Pour expliquer pourquoi le foie de volailles est peu consommé, contrairement au foie de petits ruminants et aux oeufs, on peut avancer le fait que le foie de volailles ne se trouve généralement pas en vente; dès lors, les parents doivent attendre que l'occasion se présente pour sacrifier un poulet et pour que l'enfant ou la mère bénéficient ainsi du foie. Ce n'est évidemment pas le cas pour les œufs, ni pour le foie de petits ruminants qui est vendu au détail sur les marchés. Cet accès au foie des petits ruminants à travers les jours de marché explique peut-être pourquoi la fréquence de consommation s'est accrue chez les mères, et pas chez les enfants, ces derniers étant moins présents sur les marchés. L'absence totale de consommation de foie de petits ruminants au passage 2 par les mères est surprenante, et nous n'avons pas trouvé d'explication.

Enfin, la fréquence de consommation des produits végétaux par les mères présente une distribution similaire à celle des enfants, avec généralement une augmentation significative au 2^{ème} ou au 3^{ème} passage par rapport à la première enquête.

Différents facteurs peuvent avoir influencé l'évolution de la fréquence de consommation des aliments sources de vitamine A par ces femmes et enfants. On peut penser, même si l'absence de groupes témoin appelle à n'attribuer que prudemment l'amélioration de la fréquence de consommation aux activités de promotion et de sensibilisation du projet, que celles-ci ont pu y contribuer. Mais on peut également penser à un facteur de disponibilité alimentaire. En effet, s'agissant des sauces à base de feuilles fraîches, la disponibilité saisonnière de feuilles vertes

conditionne évidemment la préparation de ces sauces. Même si les enquêtes ont été conduites au même mois de l'année, cela ne garantit pas que la saison était au même stade d'une année sur l'autre, par exemple en ce qui concerne la pousse des feuilles des arbres. Dans le cas des sauces à base de feuilles séchées et des sauces à base de feuilles de bulvaka plus spécifiquement, la disponibilité de ces feuilles au moment des enquêtes est fonction de la quantité stockée au cours de la saison pluvieuse passée. Les mangues sont aussi touchées par l'effet de la saison, mais on admet également que la consommation des fruits est associée au pouvoir d'achat (177). Enfin, il ne faut pas oublier que le rappel de fréquence de consommation fait appel à la mémoire et que de ce fait, on ne peut écarter la possibilité de quelques réponses imprécises. On ne peut non plus refuser le risque de quelques réponses de complaisance.

Tableau XXII: Fréquence de consommation des aliments sources de VA par les mères en % (SE)

	Avant intervention (n = 210)	Après 12 mois (n = 196)	Après 24 mois (n = 184)	Effet passage (à 5%)	
				Khi ²	p
Huile de palme rouge					
• 0 jour	100 (0,0)	75,2 (3,6)	70,1 (3,1)	124,7	0,0001
• 1 jour / semaine	0,0 (0,0)	19,3 (3,2)	19,9 (2,6)		
• 2 ou 3 jours / semaine	0,0 (0,0)	5,5 (1,9)	10,0 (2,2)		
Mangues					
• 0 jour	19,1 (2,1)	14,2 (3,1)	21,4 (4,0)	24,6	0,0004
• 1 ou 2 jours / semaine	57,8 (4,3)	44,2 (4,5)	40,4 (4,2)		
• 3 jours ou + / semaine	23,1 (3,9)	41,6 (4,6)	38,2 (4,7)		
Sauce bulvaka séché					
• 0 jour	9,6 (2,9)	33,8 (4,5)	27,3 (3,9)	44,4	0,0001
• 1 ou 2 jours/ semaine	85,3 (3,0)	60,0 (4,5)	49,2 (4,7)		
• 3 jours ou + / semaine	5,1 (1,0)	6,2 (1,8)	23,5 (4,4)		
Sauce feuilles fraîches					
• 0 jour	64,5 (3,8)	25,1 (3,9)	5,2 (2,4)	272,1	0,0001
• 1 ou 2 jours/ semaine	32,0 (3,9)	55,6 (4,6)	27,0 (4,2)		
• 3 jours ou + / semaine	3,5 (1,5)	19,3 (3,7)	67,8 (4,4)		
Sauce feuilles séchées					
• 0 jour	99,8 (0,15)	52,3 (4,6)	31,2 (4,6)	314,1	0,0001
• 1 jour / semaine	0,2 (0,15)	33,6 (4,4)	40,2 (4,7)		
• 2 ou 3 jours / semaine	0,0 (0,0)	14,1 (2,7)	28,7 (3,5)		
Foie de petits ruminants					
• 0 jour	90,3 (2,7)	100,0 (0,0)	72,0 (4,1)	45,1	0,0001
• 1 ou 2 jours / mois	9,7 (2,7)	0,0 (0,0)	28,0 (4,1)		
Foie de volailles					
• 0 jour	100,0 (0,0)	98,3 (1,6)	97,0 (1,8)	3,9	0,14
• 1 ou 2 jours /mois	0,0 (0,0)	1,7 (1,6)	3,0 (1,8)		
Œufs					
• 0 jour	91,3 (2,9)	82,6 (3,4)	78,1 (3,8)	11,2	0,004
• 1 ou 2 jours /mois	8,7 (2,9)	17,4 (3,4)	21,9 (3,8)		

5.6. LA CONSOMMATION D'HPR PAR LES ENFANTS ET LES FEMMES

Nous avons résumé dans le deuxième article les niveaux de consommation de l'HPR, en relation avec le nombre de consommateurs. Dans les sections suivantes, nous envisageons de donner les résultats détaillés sur la consommation d'HPR, et discuter du lien entre la consommation d'HPR par les enfants et les mères et le profil socio-économique d'une part, et le rétinol sérique d'autre part.

5.6.1. Taux et consommation moyenne d'HPR

Les taux de consommation de l'HPR montre que par rapport aux objectifs initiaux qui étaient d'atteindre au moins 50% de sujets consommant régulièrement l'HPR, le résultat est presque atteint. En effet, le taux de consommation est passé de 33,0 à 42,5% et de 31,0 à 43,5% respectivement chez les enfants et les femmes, entre les 2^{ème} et 3^{ème} passages. N'eût été les circonstances saisonnières difficiles et la baisse de la performance du projet, on peut estimer que l'objectif initial aurait été atteint. Ces chiffres semblent être en contradiction avec les taux que l'on peut calculer à partir des tableaux XXI et XXII. En effet, de ces tableaux, on trouve des taux de consommation de 24,8% au passage 2 et de 29,9% au passage 3 pour les mères d'une part, et de 27,7% au passage 2 et 26,5 au passage 3 pour les enfants. On note que ces taux de consommation sont peu élevés et sont pratiquement stables entre les 2^{ème} et 3^{ème} passage. Ces faibles proportions viennent du fait que leurs calculs ont tenu compte des taux de pondération et de redressement, ceci ayant l'avantage de tenir compte du poids réel de chaque site dans l'échantillon. Comme c'est en zone urbaine que le taux de consommation a été le plus bas, allant jusqu'à s'annuler au passage 3, la pondération abaisse les taux de consommation. Pour cette raison, nous avons ignoré la pondération pour l'HPR dans le tableau XXI, chose que nous ne pouvions pas faire dans les tableaux XXI et XXII, à cause des autres aliments sources de VA qui y figurent.

Les quantités moyennes d'HPR consommées par jour présentées au tableau XXIII montrent des quantités sont plus élevées au passage 3 qu'au passage 2, autant pour les enfants que pour les mères. Lorsque la consommation moyenne est calculée sur l'ensemble de l'échantillon, les niveaux de consommation sont en dessous des doses recommandées, qui étaient d'environ 6 g chez les enfants et 12 g chez les femmes. Lorsque ces consommations moyennes quotidiennes sont rapportées seulement aux sujets ayant effectivement consommé, on constate qu'elles atteignent les quantités recommandées par le projet. Par ailleurs, on peut se demander si le mode de consommation le plus répandu dans les villages, qui consiste à manger dans des plats communs, influence à la hausse ou à la baisse les quantités ingérées par les enfants. Il

semblerait, selon certains travaux, que les repas pris ensemble augmentent les quantités consommées, même si cela est influencé par la personne avec qui l'enfant partage le repas. En effet, dans une étude cas-témoin, Shankar et al, 1998 ont évalué la relation entre le comportement alimentaire des enfants de 1 à 6 ans et le risque de carence en vitamine A. L'étude a porté sur 81 ménages ayant un enfant xérophtalmique et 81 autres ménages sans enfant xérophtalmique (113). Les auteurs ont constaté que les épisodes de repas commun tendaient à être moins fréquents chez les enfants xérophtalmiques, comparativement à ceux exempts de xérophtalmie. Les enfants exempts de xérophtalmie (chez lesquels les plats communs sont plus fréquents) avaient moins de viande et de poissons (OR=0,5; IC= 0,3-0,8), moins de produits laitiers (0,6; IC= 0,4-0,9) et moins de petits pois (OR = 0,7; IC= 0,5-1,0) dans leur repas, alors que les plats consommés isolément contenaient plus de légumes. Ils ont également trouvé que les enfants xérophtalmiques semblaient partager davantage leurs repas avec des hommes adultes qu'avec des femmes. Dans notre étude, il semble que les enfants mangent plus souvent avec leurs mères ou entre eux qu'avec leurs pères, ce qui est un avantage pour eux. Cependant, il nous semble que si les recommandations visant à offrir l'HPR seulement aux groupes cibles étaient respectées, les enfants en tireraient davantage profit, car la charge financière que représente l'achat de l'HPR baisserait.

L'augmentation des quantités moyennes d'HPR par jour entre les 2^{ème} et 3^{ème} passages peut être attribuée à l'augmentation du nombre de sujets en consommant effectivement. On peut aussi la rapprocher de l'amélioration des connaissances des femmes en matière de cécité nocturne - moyens de traitement et prévention, comme de l'évolution favorable des indicateurs de familiarité des femmes avec le projet, notamment la connaissance des raisons pour lesquelles l'HPR est conseillée, la connaissance des groupes cibles, et l'amélioration du mode d'utilisation de l'huile. En revanche, il y avait au troisième passage d'enquête une baisse de la proportion des femmes connaissant au moins une vendeuse, une méconnaissance des doses recommandées et une persistance de perceptions négatives sur le prix et la disponibilité de l'HPR. On peut noter que ces indicateurs qui évoluent

défavorablement, exception faite pour la méconnaissance des doses, présentent un point commun, celui d'être en rapport avec l'acte d'achat. Dès lors, nous nous sommes posé la question de savoir si le fait que l'achat implique une dépense d'argent n'en est pas la cause. De façon plus générale, on est intéressé de savoir quels sont les déterminants de la consommation de l'huile. Y a-t-il une différence de profil entre ceux qui consomment et ceux qui ne consomment pas d'HPR au sein de cette communauté? Et quels sont les paramètres associés à la consommation? Nous examinons cette question dans le paragraphe suivant consacré au lien entre la consommation d'HPR et le profil socio-économique.

Tableau XXIII: Consommations moyennes d'HPR par jour

	Passage	Effectif de l'échantillon	Consommation dans l'échantillon Moyenne (SE) en g.	Effectif des consommateurs (%)	Consommation chez les consommateurs Moyenne (SE) en g.
Enfants	2	191	1,6 (0,04)	63 (33,0)	6,7 (0,7)
	3	181	3,1 (0,06)	77 (42,5)	10,8 (1,1)
Mères	2	196	3,3 (0,07)	61 (31,0)	13,9 (1,4)
	3	184	4,7 (0,2)	80 (43,5)	14,6 (1,1)

5.6.2. Lien entre le profil socio-économique et la consommation d'HPR par les mères

Pour rechercher les liens entre la consommation d'HPR et le profil socio-économique des ménages, nous avons classé les mères en trois catégories selon la consommation d'HPR: les mères qui n'en ont consommé ni au passage 2 ni au passage 3, celles qui en ont consommé l'HPR à l'un des deux passages, et celles qui ont rapporté en avoir consommé aux deux passages.

Dans le tableau XXIV, les pourcentages se rapportent aux effectifs respectifs des non-consommateurs d'HPR, de ceux qui n'en ont consommé qu'à un seul passage, et de ceux qui en ont consommé aux deux passages. En dehors de la variable "site de résidence" qui compte plusieurs modalités et pour laquelle nous avons estimé utile de donner les pourcentages pour tous les sites, les autres variables n'ont que deux modalités.

Il apparaît à la lecture du tableau, que le site, le type de ménage et le niveau scolaire du père ont un lien significatif avec le taux de consommation d'HPR, alors que les autres paramètres socio-économiques ne montrent pas d'association.

En effet, on voit que sur les 79 enfants qui n'ont consommé l'HPR à aucun des deux passages, 24,1% se retrouve au secteur 4 de Kaya qui est un secteur urbain, puis environ de 16 à 19% dans les villages de Silmiougou, Konean et Dondollé, les villages les plus peuplés et les plus proches de Kaya . A l'opposé, les enfants qui ont consommé aux deux passages se concentrent surtout dans les autres villages (Dahisma, Fanka et Kanretenga). Une analyse regroupant les enfants qui ont consommé à l'un seul des passages avec ceux qui ont consommé HPR aux deux passages montre des résultats similaires. Il y a également une différence significative entre la zone urbaine et les villages. Les différences observées entre les villages peuvent tenir à plusieurs faits. Considérant que les villages ont un accès identique aux approvisionnements d'HPR et que l'intensité des activités promotionnelles est censée être équivalente, on peut évoquer la taille des villages comme facteur explicatif. En effet, les sites les plus peuplés sont le secteur 4, suivi du village de Silmiougou et il peut être compréhensible qu'il soit plus facile, dans un même laps de temps, de faire adopter les messages lorsque la population est plus faible. Cependant on ne peut écarter la possibilité de différences liées aux animatrices elles-mêmes (aisance et efficacité), ainsi que l'influence qu'ont pu exercer les leaders villageois.

Quant au statut matrimonial, on constate que les enfants ayant consommé aux deux passages appartiennent beaucoup plus souvent à des ménages polygames que ceux

n'ayant jamais consommé de l'HPR (69,2% contre 43,1%). En ce qui concerne le niveau scolaire des pères, les enfants qui ont consommé aux deux passages ont moins souvent un père ayant au moins le niveau primaire (17,9%) que ceux qui n'ont jamais consommé l'HPR (32,9%). Trois facteurs semblent donc influencer la consommation d'HPR, à savoir le site de résidence, le niveau scolaire du père et le statut matrimonial. Toutefois les effets du niveau de scolarité du père et du lieu de résidence sur la consommation de l'HPR semblent se confondre, car les enfants dont les pères ont un niveau scolaire au moins égal à l'école primaire résident davantage en ville qu'en zone rurale. En effet, on compte 46,0% des sujets ayant le niveau primaire en zone urbaine contre seulement 14,4% en zone rurale. En revanche, comme les ménages polygames sont moins fréquents parmi les pères à niveau scolaire élevé (26,7% contre 62,1%; $p=0,02$) d'une part, et que les polygames se retrouvent davantage en zone rurale qu'en zone urbaine (63,9% contre 21,0%), on peut supposer qu'il n'y a pas de confusion entre ces facteurs pour la consommation ou non de l'HPR.

Tableau XXIV: Lien entre le profil socio-économique des ménages, l'anthropométrie initiale des enfants et leur consommation d'HPR

	N'ayant jamais consommé	Ayant consommé à l'un des passages	Ayant consommé aux deux passages	Effet consommation (5%)	
				Khi ²	p
Ensemble (%)	43,9 (n=79)	34,4 (n=62)	21,7 (n=39)	11,4	0,02
Villages de résidence (%)					
Dahisma	6,3	16,1	35,9	52,9	0,0001
Dondollé	16,4	9,7	7,7		
Fanka	5,1	25,8	23,1		
Kanretenga	11,4	17,7	15,4		
Konean	17,4	16,1	10,2		
Silmiougou	18,9	4,8	7,7		
Secteur 4 (Kaya)	24,1	9,7	0,0		
Zone Urbaine	24,1	9,7	0,0	14,4	0,001
Déficit de croissance	22,8	27,4	41,0	7,1	0,048
Mères de plus de 30 ans	41,8	51,6	35,9	2,8	0,59
Ménage polygame	43,1	69,4	69,2	15,5	0,004
Mères de 3 enfants vivants ou plus	54,4	64,5	53,8	3,3	0,52
Mères agricultrices	55,7	43,5	58,9	2,9	0,22
Mères du niveau primaire ou plus	12,7	12,9	12,8	0,02	0,99
Pères agriculteurs	34,2	53,2	48,7	5,6	0,06

5.6.3. Lien entre la consommation d'HPR et l'évolution du rétinol sérique

Nous avons examiné le lien entre la régularité de la consommation de l'HPR et l'évolution de la rétinolémie chez les enfants comme chez leurs mères. Le tableau XXV ci-dessous compare l'évolution du rétinol sérique moyen et des proportions de teneurs normales ($\geq 0,70 \mu\text{mol/l}$) entre le début et la fin de l'intervention, selon la régularité de la consommation classée en 3 groupes (HPR jamais consommée; HPR consommée à au 2^{ème} ou 3^{ème} passage; HPR consommée aux 2^{ème} et 3^{ème} passages. Nous y avons également donné, pour chacun des trois groupes, la comparaison du rétinol sérique entre passage 1 et passage 3, en variable continue et dichotomique. Rappelons que l'évolution du rétinol entre passage 1 et passage 3 était significativement positive (Cf 2^{ème} article) sur l'ensemble de l'échantillon, alors qu'elle ne l'est pas pour tous les trois groupes précités.

En ce qui concerne les enfants, l'évolution de la rétinolémie au cours de l'intervention s'est révélée différente pour ces trois sous-groupes: l'accroissement était de $+0,03 \mu\text{mol/l}$ chez les enfants n'ayant pas consommé du tout l'HPR (non significatif; $p=0,39$) alors qu'il était significatif et respectivement de $+0,15 \mu\text{mol/l}$ et $+0,19 \mu\text{mol/l}$ pour ceux qui en avaient consommé à un seul passage et ceux qui en avaient consommé aux deux passages. L'évolution de la rétinolémie moyenne s'est montrée significativement différente selon ces groupes ($p=0,0001$). De même on a enregistré une plus forte augmentation de la proportion d'enfants à teneur normale chez les consommateurs réguliers ($p=0,032$), alors que les rétinolémies initiales n'étaient pas différentes.

En effet, la rétinolémie initiale était de $0,53 \mu\text{mol/l}$ chez ceux n'ayant jamais consommé l'HPR, et respectivement de $0,49 \mu\text{mol/l}$ et de $0,50 \mu\text{mol/l}$ chez ceux en ayant consommé à un seul ou aux deux passages ($p=0,32$). On n'a pas non plus noté de différence significative entre ces groupes pour la proportion initiale de teneurs normales.

Chez les mères, la situation est différente. Nous n'observons pas de différence significative dans l'évolution du rétinol sérique selon la consommation d'HPR, bien qu'on note chez elles une augmentation des concentrations sériques de rétinol entre le début et la fin de l'intervention. A la différence des enfants, on notait chez elles une différence entre les trois sous-groupes au départ, les femmes qui n'ont jamais consommé l'HPR ayant une rétinolémie initiale plus faible que les deux autres, qui par contre étaient similaires entre eux. L'évolution du rétinol sérique semblait nulle et parfois négative chez les sujets à statut initial satisfaisant.

En effet, la lecture du tableau XXVI montre que les femmes qui n'ont jamais consommé d'HPR avaient les plus faibles teneurs initiales, (de $0,67 \mu\text{mol/l}$ contre $0,85 \mu\text{mol/l}$ et $0,84 \mu\text{mol/l}$ ($p = 0,02$) pour les deux autres sous-groupes. Or, on peut constater que la rétinolémie a beaucoup augmenté chez les femmes qui n'ont pas consommé (de $0,67 \mu\text{mol/l}$ à $0,96 \mu\text{mol/l}$) alors qu'elle est restée stable chez celles ayant consommé une seule fois, et que l'accroissement est non significatif ($p = 0,22$) et plus faible chez les femmes ayant consommé l'HPR aux deux passages que chez celles n'en ayant jamais consommé ($0,17 \mu\text{mol/l}$ contre $0,29 \mu\text{mol/l}$). Ces observations illustrent d'une autre manière le rôle joué par la rétinolémie initiale comme facteur modificateur de l'évolution du rétinol sérique, rôle que nous avons relevé dans notre article sur l'évaluation de l'impact du projet pilote (Cf 2^{ème} article).

Ces analyses comparant les résultats chez les sujets ayant ou n'ayant pas consommé l'HPR s'inspirent des recommandations de Habicht et al (1999) applicables aux situations où il n'est pas possible de constituer un groupe témoin (196). Les mères ou les enfants n'ayant jamais consommé d'HPR au cours des deux passages peuvent être considérés comme un groupe témoin "interne" comparativement aux sujets ayant consommé aux deux passages.

Même si cette démarche proposée par Habicht (1999) est pragmatique et permet de constituer un groupe témoin à posteriori, nous sommes conscients qu'elle reste d'une importance secondaire dans notre étude, qui teste non pas l'efficacité biologique de l'HPR, mais l'efficacité réelle dans le contexte de la stratégie promotionnelle adoptée

par le projet pilote. Par ailleurs, cette démarche ne devrait pas occulter le principe d'analyse épidémiologique qui veut que les groupes en comparaison soient comparables avant l'intervention, notamment le "témoin constitué à postériorité" et le "groupe sous traitement". Sans cette comparabilité, les effets observés ne peuvent être attribués à l'intervention. Cela n'a pas été observé pour les mères du point de vue de leur rétinolémie initiale. Cette comparabilité devrait être vérifiée pour tous les autres paramètres ayant un effet sur la variable réponse, ici l'évolution de la rétinolémie. Chez les enfants ces paramètres comprennent, conformément aux analyses multivariées (Cf 2^{ème} article), l'anthropométrie initiale des enfants, le nombre d'enfants de la mère et l'activité des parents (dont l'effet se confond avec celui du rétinol initial): en l'occurrence nous avons pu vérifier que les groupes de consommateurs d'HPR (jamais consommé; consommé à un seul passage; consommé aux deux passages) ne diffèrent significativement que pour l'anthropométrie initiale des enfants (Cf. Tableau XXIV).

La comparabilité des groupes étant prise en compte, il faut également garder à l'esprit la limite de la procédure de classification des sujets dans les groupes. En effet, nous nous sommes basés sur les déclarations obtenues par rappel sur une semaine. Or on ne peut être certain que ceux qui n'ont pas consommé l'HPR au cours de la semaine de l'enquête n'en aient pas consommé quelques jours auparavant, ce qui pose la question du délai optimal des rappels de consommation. On soupçonne que pour certains aliments qui ne sont consommés qu'épisodiquement, le rappel sur la semaine est en fait trop court et inapproprié pour rendre compte de la consommation réelle. C'est du reste ce qui a amené Delisle et al à proposer, dans le cas des produits animaux, un rappel sur un mois plutôt que sur une semaine (171).

Il apparaît ainsi qu'alors que chez les mères, le lien entre la consommation d'HPR et le rétinol sérique est pour partie confondu avec l'effet du statut initial en VA d'après la rétinolémie, ce lien existe clairement chez les enfants.

Tableau XXV: Comparaison de l'évolution de la rétinolémie selon le statut de la consommation HPR chez les enfants

	HPR jamais consommée (n = 79)		HPR consommée à l'un des 2 passages (n = 63)		HPR consommée aux deux passages (n = 39)		Effet Consommation 5%
	Passage 1	Passage 3	Passage 1	Passage 3	Passage 1	Passage 3	
$\geq 0,70 \mu\text{mol/l}$ (%)	16,9	23,2	18,0	43,8	16,2	45,7	0,032
	p = 0,24		p = 0,03		p = 0,01		
Moyenne (SE)	0,53 (0,03)	0,56 (0,03)	0,49 (0,026)	0,64 (0,04)	0,50 (0,03)	0,69 (0,05)	0,0001
	p = 0,39		p = 0,002		p = 0,002		

Tableau XXVI: Comparaison de l'évolution de la rétinolémie selon le statut de la consommation HPR chez les mères

	HPR jamais consommée (n = 80)		HPR consommée à l'un des 2 passages (n = 65)		HPR consommée aux deux passages (n = 39)		Effet consommation
	Passage 1	Passage 3	Passage 1	Passage 3	Passage 1	Passage 3	
≥ 0,70 μmol/l (%)	31,2	65,5	50,8	63,8	38,9	81,8	0,08
	p = 0,0001		p = 0,12		p = 0,0001		
Moyenne (SD)	0,67 (0,04)	0,96 (0,07)	0,85 (0,06)	0,85 (0,06)	0,84 (0,1)	1,0 (0,06)	0,28
	p=0,0001		p = 0,94		p = 0,22		

CHAPITRE 6 : DISCUSSION GENERALE

6.1. RAPPEL DES PRINCIPAUX RESULTATS

Au terme de la présentation des résultats, une brève synthèse s'impose avant de mener une discussion générale.

L'évaluation du projet pilote montre clairement que l'introduction de l'huile de palme rouge sur une base commerciale dans une région n'en produisant pas et n'en consommant pas habituellement a abouti à des résultats positifs, aussi bien en termes d'amélioration des connaissances, que d'apports en VA ou encore de statut en VA mesuré par le rétinol sérique.

Au plan des connaissances, attitudes et pratiques, il a été trouvé que les femmes ont amélioré leurs connaissances sur les moyens de traiter et de prévenir la cécité nocturne, pas sur les causes. De même, les indicateurs de familiarité avec le projet ont montré que les femmes étaient sensibilisées, recevaient les messages et suivaient les activités du projet; les proportions de celles qui connaissaient les activités, les groupes cibles et les raisons pour lesquelles le projet conseille HPR se sont accrues au cours de l'intervention. Au niveau des perceptions, on a trouvé que l'HPR jouit en général d'un jugement favorable de la part des femmes si l'on en juge par leur appréciation du goût, de la disponibilité et du prix d'achat au détail dans les villages, même si une baisse des jugements favorables sur le prix d'achat de l'HPR et sur sa disponibilité a été relevée au 3^{ème} passage, baisse que nous expliquons du reste par les circonstances de pénurie alimentaire.

Sur le plan des pratiques, on a trouvé que le nombre de femmes et d'enfants qui consommaient l'HPR au cours de la semaine précédant l'enquête atteignait respectivement 61 et 63 dès la première année, puis 80 et 77 à la fin du projet, ce qui

fait qu'environ 45% des sujets de l'échantillon consommaient de l'HPR au bout de deux ans.

Les apports de VA ont connu chez les enfants comme chez les mères une augmentation significative. Le niveau initial des apports était de 164 μg EAR pour les enfants et de 235 μg EAR pour les mères; il atteignait, après deux années d'intervention, 514 μg EAR et 655 μg EAR. La structure de ces apports révèle une forte contribution de l'HPR qui représente environ 20% des apports de l'ensemble de l'échantillon de mères et d'enfants dès la première année du projet.

La mesure de la rétinolémie a révélé une situation grave en début d'intervention; malgré la campagne de distribution de capsules de VA qui avait touché presque tous les enfants six mois plus tôt, 85% d'entre eux avaient une rétinolémie inférieure à 0,70 $\mu\text{mol/l}$. Chez les mères et les enfants, la rétinolémie a connu une évolution favorable entre le début (passage 1) et la fin de l'intervention (passage 3). Cette évolution est liée aux apports en VA, qui représentent le médiateur principal de l'intervention. Par ailleurs, le niveau de rétinol sérique initial s'est révélé avoir un effet d'interaction avec le rétinol final. En effet, les sujets à faible rétinolémie initiale ont vu une amélioration de leur statut, alors que le statut de ceux dont la rétinolémie initiale était normale tendait à accuser une certaine détérioration.

6.2. INTERPRÉTATION DES APPORTS EN VA

Comme les apports constituent le déterminant le plus direct du statut en VA, il importe de bien les interpréter lorsqu'ils sont utilisés pour évaluer une intervention. Dans notre article consacré aux résultats de l'intervention après 12 mois d'activité (251), nous avons abordé deux aspects. Nous avons d'abord reconnu que si la méthode des seuils (en l'occurrence 62,5% des apports de sécurité) et la méthode probabiliste proposée par Beaton (17) différaient sur le plan conceptuel, toutes les deux aboutissaient au même résultat, à savoir une réduction de la proportion de sujets à risque d'apport inadéquat. Etant donné que la méthode des seuils, contrairement à celle de Beaton donne l'avantage supplémentaire de permettre un classement des

sujets, nous l'avons conservé pour la suite de nos travaux et notamment dans le deuxième article.

Ensuite, la question du choix des facteurs de conversion des carotènes provitamines A des végétaux en équivalent activité rétinol nous avait paru tout aussi importante, non pour la simple comparaison des apports car il suffit alors d'utiliser les mêmes facteurs, mais bien pour la détermination de la relation entre les apports et des paramètres biologiques comme le rétinol sérique. En effet, la bio-efficacité des carotènes végétaux est très variable et joue sur la valeur des facteurs de conversion à utiliser. Notre choix d'utiliser, pour toutes nos analyses, les facteurs de conversion récemment recommandés par l'Institute of Medicine des USA a été guidé par la certitude que l'utilisation des facteurs conventionnels conduit à une surestimation, et par le fait qu'il s'agit des seules nouvelles recommandations faites par un organisme officiel (93). Selon certains auteurs, ces recommandations américaines ne conviendraient pas aux PED (92, 99); ces derniers proposent un facteur de 15 à 21 μg de β -carotène pour 1 μg EAR, en se basant sur des études mises en oeuvre en Asie et utilisant des méthodes de marquage isotopique. La forte variabilité de la bio-efficacité vient encore compliquer la situation. Selon deux études bien contrôlées utilisant des méthodes de double marquage isotopique, une forte proportion de sujets se comportent comme des non-répondeurs ou des faibles répondeurs, alors que les autres convertissent efficacement le β -carotène (98, 271). Ces deux études étaient basées sur une méthodologie rigoureuse, et leur durée, les doses et les effectifs (11 sujets en bonne santé) étaient similaires; toutefois, l'une a porté sur des femmes (98) et l'autre sur des hommes (271). Le β -carotène et le rétinol marqués avaient été incorporés à des plats mixtes contenant 16 % de matière grasse, et administrés aux sujets qui étaient placés dans des chambres métaboliques pendant toute la durée de l'étude. Sur les 11 sujets, ils ont trouvé respectivement 5 femmes et 6 hommes répondeurs, les autres étant de mauvais convertisseurs du β -carotène. Non seulement la bioconversion était extrêmement faible chez les non-répondeurs (1 mol de β -carotène pour 0,014 et 0,0003 mol de rétinol respectivement chez les femmes et les hommes), mais le rapport d'efficacité de la conversion entre répondeurs et non-répondeurs était

de l'ordre de 100 chez les femmes et de 180 chez les hommes. Il y a donc à la fois une différence importante en terme d'efficacité entre les personnes, et un pourcentage assez élevé de sujets qui ne répondent pas, puisqu'il avoisine 50% dans ces deux études. D'autres auteurs ayant travaillé sur le sujet mais avec des méthodes différentes ont rapporté des pourcentages de non-réponse variables (272, 273). Dans ces études, le β -carotène était ingéré à une dose de 130 μmol par des sujets, dissous ou en émulsion dans l'huile et on a trouvé un nombre élevé de sujets répondeurs, ce qui a fait supposer l'existence de faux non-répondeurs (272). Plusieurs hypothèses ont été évoquées pour expliquer cette non-réponse, mais on se demande si le phénomène est congénital ou non. S'il s'agit d'un état acquis, on peut se demander si cet état est immuable et quels sont les facteurs qui sont impliqués.

6.3. LE PARADOXE DE LA REPONSE SUIVANT LE STATUT INITIAL EN VITAMINE A

Nos résultats ont montré en fin d'intervention une détérioration du statut en rétinol des sujets qui avaient un statut satisfaisant avant l'intervention. En effet, 27,2% des femmes et 55% des enfants à teneur normale avant le début de l'intervention se sont retrouvés à la fin avec des teneurs inférieures à 0,70 $\mu\text{mol/l}$ (Cf article 2). De même, les teneurs moyennes sont passées chez ces femmes et ces enfants normaux respectivement de 1,05 $\mu\text{mol/l}$ à 1,01 $\mu\text{mol/l}$ et de 0,91 $\mu\text{mol/l}$ à 0,74 $\mu\text{mol/l}$. Il y a ainsi un paradoxe apparent, la même intervention contribue 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'évolution des apports ou de la morbidité (Cf article 2). Nos résultats vont dans le même sens que le paradoxe relevé en ces termes par Griffiths (2000): "comment un produit (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 mortalité de ces mêmes enfants?" (274). Pour l'auteur, l'effet de la vitamine A serait fonction du statut initial des enfants. Dans son éditorial, il s'appuie sur deux études contrôlées en double aveugle, l'une conduite en Tanzanie (141) et l'autre en Equateur (143), pour s'interroger sur la pertinence de la distribution universelle des capsules de VA aux enfants. En effet, ces études ont abouti à des conclusions qui suggèrent que les capsules auraient des effets

défavorables chez les enfants ayant un bon statut vitaminique A initial. Dans l'étude tanzanienne, 687 enfants de 6 à 60 mois atteints de pneumonie aiguë et vivant en zone d'endémie de VIH ont reçu soit de fortes doses de VA (200 000 UI), soit un placebo. Il s'est avéré que les enfants traités présentaient un risque significativement plus bas de diarrhée sévère, mais aussi un risque plus élevé de toux et d'infection respiratoire, comparativement à ceux non supplémentés. De telles situations paradoxales ont aussi été rapportées d'Indonésie (275), d'Inde (276)), d'Australie (277) et d'Haïti (278). Bien que le mécanisme ne soit pas encore connu, on pense à un effet néfaste des suppléments de VA sur le système immunitaire de sujets à statut vitaminique A satisfaisant (274). Au plan des implications pratiques, ces effets défavorables et surprenants de la vitamine A semblent très peu discutés et pris en compte, notamment à l'occasion des campagnes de masse de distribution des capsules de VA. A notre avis, ces observations peuvent résulter en de profonds bouleversements des stratégies actuelles, qui sont basées sur une distribution universelle à tous les enfants de la tranche d'âge ciblée, indépendamment de leur statut en VA, encore que cette opération touche des régions du monde soupçonnées d'une forte prévalence de carence. L'alternative consiste à faire une distribution sélective des capsules. Cependant, pour ne pas avoir à recourir à une détermination individuelle préalable du statut en VA des enfants, qui serait difficilement faisable, il serait possible et souhaitable d'explorer des "proxies" du statut qui soient simples à mesurer.

Toutefois, il faut également entrevoir dans cette évolution du rétinol sérique, une deuxième explication, la possibilité d'un effet de régression vers la moyenne. En effet, selon ce phénomène statistique, on s'attend à ce que la rétinolémie moyenne des sujets à faible teneur ait tendance à s'accroître vers la moyenne de la population, et que celle des sujets à teneur élevée ait tendance à baisser vers la moyenne. Dans une telle situation, l'accroissement dans le sous-échantillon à faible teneur et la réduction dans le deuxième sous-échantillon correspondraient en réalité à des artefacts. Dès lors, la question est celle de savoir si les observations faites dans notre étude correspondent à ce phénomène. Il faut d'abord noter que l'effet de l'intervention sur l'ensemble des sujets est une amélioration significative de la rétinolémie. Ensuite,

des données de recherche menées chez des enfants (84) et chez des animaux de laboratoire (85) supportent que la consommation d'aliments riches en β -carotène entraîne un accroissement du rétinol sérique uniquement chez les sujets carencés et inversement aucun accroissement significatif ne s'observe chez ceux à statut « satisfaisant ». Même si l'absence de groupe témoin dans cette étude ne permet pas d'éliminer l'hypothèse de l'effet de la régression vers la moyenne, des situations similaires ont été rapportées par d'autres chercheurs (275, 276), ce qui fait penser que nos observations sont plus liées à des considérations biologiques qu'au phénomène statistique

6.4. LES LIMITES DE L'ETUDE

Le rétinol sérique a été utilisé dans notre étude comme mesure du statut en VA des sujets. Or, on sait que le rétinol circulant est influencé par de nombreux facteurs, parmi lesquels les processus infectieux et inflammatoires (128), le déficit protéique (28), et la carence en zinc (83). On ne peut donc ignorer que l'usage du rétinol sérique aux fins d'évaluation du statut en VA devrait tenir compte de tous ces facteurs. Nous admettons donc que l'évaluation du statut en VA par le rétinol sérique, plutôt que par des méthodes plus fiables comme l'évaluation indirecte des réserves de VA de l'organisme par MRDR, ou l'estimation des réserves totales de l'organisme par les méthodes isotopiques représente une faiblesse. Cependant, le rétinol sérique est beaucoup moins cher, et est adapté aux conditions de terrain de PED peu équipés (146). Par ailleurs, on estime que lorsqu'il est utilisé pour comparer des groupes vivant dans les mêmes conditions, ou un même groupe à deux périodes différentes, la comparaison est valide, les facteurs d'influence étant les mêmes (146). En revanche, il est probable que ces facteurs aient obscurci le lien entre le rétinol sérique et les variables indépendantes dans les modèles de régression qui ont été construits. Dans ce sens, on s'attendait plutôt à ce que l'effet de "masque" de ces facteurs soit plus manifeste chez les enfants que chez les mères, car ceux-ci sont davantage sujets aux infections et au déficit protéique que les femmes.

Par ailleurs, on ne peut passer sous silence l'absence de groupe témoin dans cette étude. On sait qu'il y a de nombreux obstacles pratiques à la mise en place des groupes témoins. En plus des considérations financières, il n'était pas possible, dans le cas de notre évaluation, de garantir que la zone de promotion et de commercialisation de l'HPR ne s'étendrait pas progressivement aux zones témoins, d'autant plus que l'intervention durait deux ans. La conséquence d'une telle situation est l'impossibilité de tester au plan statistique l'effet indépendant de la seule intervention.

On pourrait également craindre les conséquences des déperditions au cours de l'étude sur l'effectif final, mais nous en avons tenu compte dans la détermination de la taille de l'échantillon. De plus, les biais généralement liés aux perdus de vue semblent minimes dans notre étude, les absents n'étant pas significativement différents des présents à la fin de l'étude sur le plan du statut initial en rétinol et au plan socio-économique, sauf en ce qui concerne le niveau scolaire des parents. En effet, les seules différences entre enfants présents et absents au troisième passage portent sur le niveau scolaire des parents, plus élevé chez les absents et sur les retards staturaux, moins fréquents parmi les absents. Or le niveau d'instruction n'a pas montré d'interaction avec le rétinol sérique alors que celle du retard statural et de l'évolution de la rétinolémie était à la limite de la signification statistique.

Certains facteurs modificateurs de l'évolution du rétinol sérique, particulièrement l'activité des parents, n'ont pu être introduits dans des modèles multivariés désagrégés, en raison des effectifs limités. De ce fait, nous n'avons pas été en mesure de vérifier l'existence de l'effet indépendant de l'activité des parents sur le rétinol final, car cet effet se confondait à celui du statut initial en rétinol. Malgré cette limite, il semble bien que les enfants d'agriculteurs, les plus pauvres, aient pu bénéficier des avantages de l'intervention. Il s'agit là d'un souci important car ces enfants sont les plus nombreux et les plus touchés par la carence.

Enfin, comme le questionnaire a été administré trois fois aux mêmes femmes, il est possible que ces dernières se soient accoutumées, faisant ainsi craindre certaines réponses de complaisance.

6.5. IMPLICATIONS PRATIQUES DE L'ETUDE

Les implications de ces résultats pour la santé publique sont nombreuses. Maintenant que l'efficacité de l'huile de palme rouge en consommation libre et volontaire est démontrée, il semble opportun de passer du projet pilote à un programme basé sur la commercialisation et la promotion de ce produit à plus haute échelle. Cependant on ne peut ignorer que le taux de faibles rétinolémies reste élevé en fin d'intervention, surtout chez les enfants, même si par ailleurs, la situation sanitaire semble s'être améliorée (Cf tableau 2 de l'article 2). Il nous semble ainsi que d'autres mesures devraient être associées à ce programme, notamment des mesures de santé publique axées sur l'assainissement, l'hygiène et la disponibilité d'eau potable.

En outre, l'initiative se justifie par les vertus nutritionnelles et de santé de l'huile de palme rouge, au-delà de sa forte teneur en carotène (207). Elle a en effet une teneur élevée en anti-oxydants, en particulier la vitamine E, qui lui conférerait des effets hypocholestérolémiants et anti-cancérogènes (14). Quant à la lutéine, la zéaxanthine et le lycopène, caroténoïdes anti-oxydants mais sans activité vitaminique A, ils joueraient un rôle important, respectivement dans la prévention de la dégénérescence maculaire (13, 279), du cancer de la prostate (15) et du sein (280).

Pour toutes ces raisons, il est à envisager que le projet pilote évolue rapidement vers un programme, dont le processus de mise en place pourrait comporter deux étapes:

- 1) à court terme, des actions orientées vers des groupes spécifiques : en direction des groupes visés par les campagnes de supplémentation de masse, l'huile de palme rouge pourrait s'insérer dans une séquence annuelle, comportant la distribution des capsules, la promotion de l'huile de palme rouge et enfin celle des fruits et des feuilles vertes. Une telle démarche a l'avantage d'intégrer des approches alimentaires et sanitaires, mais nécessite l'établissement préalable

d'un calendrier annuel des disponibilités des sources de vitamine A. Les centres de récupération et d'éducation nutritionnelle et les écoles primaires disposant de cantines pourraient être approchés à cette étape pour introduire l'huile de palme dans la préparation des menus.

- 2) A plus long terme, l'intensification de la production de l'huile devrait être envisagée sérieusement, la période actuelle étant favorable en raison des possibilités offertes par les programmes de lutte contre la pauvreté. Des mesures incitatives à l'organisation et à une meilleure performance de la distribution du produit devraient obligatoirement suivre ce processus.

Pour y arriver, il faudra mettre en place une stratégie consistant à :

- partager ces résultats directement avec la communauté scientifique et les structures intéressées par les problèmes de nutrition;
- développer un plan de plaidoyer spécifiquement dirigé vers les autorités nationales et les partenaires au développement, et un autre orienté vers les populations;
- faire intégrer l'huile de palme rouge dans les stratégies nationales de lutte contre la carence en vitamine A, et plus précisément dans le Plan national d'action pour la nutrition;
- créer les conditions d'une utilisation aisée de l'huile en développant des menus utilisant l'huile de palme rouge, ou les noix de palme ou encore des mélanges d'huile de palme avec d'autres huiles alimentaires.

Ces propositions s'apparentent à celles qui ont été faites en Inde et qui visaient à introduire l'HPR dans les services de prise en charge intégrée du développement de l'enfant (201). Deux phases avaient été proposées: la première consiste en une évaluation de la faisabilité opérationnelle de la fourniture régulière de l'HPR à travers un aliment de complément donné aux enfants et aux mères; l'acceptabilité de l'HPR serait étudiée à ce stade. La seconde étape consiste à introduire l'HPR dans les différentes régions du pays, et comprendrait une évaluation de l'impact sur le statut en vitamine A, sur une période de trois ans. Il est à noter que l'auteur ne précise pas la forme de l'introduction de l'HPR dans les régions du pays, ni comment les sujets auront accès à l'HPR. Notre proposition se distingue ainsi du projet indien,

notamment par le fait qu'elle s'appuie sur des résultats montrant l'efficacité de l'HPR dans un contexte d'introduction commerciale.

Ces mesures devraient être vues comme une composante d'une stratégie plus globale qui en intègre d'autres. Cette vision est importante et nécessaire pour un véritable contrôle de la carence en VA, car nos propres résultats montrent que, bien que l'HPR se soit montrée efficace, elle ne suffit pas à elle seule, ainsi qu'en témoigne la forte proportion d'enfants qui sont encore carencés (Cf article 2) en fin d'intervention. Parmi les autres composantes de cette stratégie nationale, on devrait prévoir des mesures de santé publique, notamment un meilleur contrôle des infections et des parasitoses, l'amélioration des infrastructures et des comportements hygiéniques et de l'accès à l'eau potable.

CHAPITRE 7 : CONCLUSIONS ET PISTES DE RECHERCHE

Au terme de cette étude, il peut être utile de rappeler que son but était de vérifier la faisabilité et l'efficacité de l'introduction de l'HPR sur une base commerciale dans une région du Burkina, comme l'HPR est un produit originaire d'Afrique. Les hypothèses de recherche étaient que cette introduction était faisable du point de vue de son acceptabilité et de son goût, et qu'elle entraînerait une amélioration des apports en VA et de la rétinolémie chez les enfants et les femmes.

Cette étude est à notre connaissance la première à étudier et à démontrer l'efficacité de l'introduction de l'HPR sur une base commerciale dans une région qui n'en produit pas et n'en consomme pas habituellement.

Le taux d'acceptation de l'HPR s'est montré acceptable; en effet, à la fin de l'intervention, l'enquête a montré que 43,5% des femmes et 42,5% des enfants avaient consommé l'HPR au moins une fois au cours de la semaine précédente. La consommation moyenne d'HPR en fin d'intervention par ceux-ci était de l'ordre de ce qui était recommandé. Ceci reflète une bonne exploitation des messages du projet et une exposition assez large des femmes aux activités mises en œuvre par le projet.

L'amélioration des apports totaux en VA des enfants et des femmes suite au projet pilote est évidente et attribuable pour une large part à la consommation d'HPR et aussi à une certaine augmentation de la consommation des produits animaux. La couverture moyenne des apports de sécurité est passé de 41% à 120% chez les enfants et de 36% à 97% chez les mères en deux années, exposant ainsi moins de personnes à un risque d'apport inadéquat.

En outre, il a été trouvé que la proportion des faibles rétinolémies a baissé de 50% chez les mères et seulement de 27% chez les enfants entre le début et la fin de l'intervention. La rétinolémie moyenne a significativement augmenté de 0,55 $\mu\text{mol/l}$ à 0,64 $\mu\text{mol/l}$ chez les enfants et de 0,69 $\mu\text{mol/l}$ à 0,95 $\mu\text{mol/l}$ chez les mères.

Par ailleurs, l'étude aura permis de réaliser l'ampleur de la carence, évaluée pour la première fois au Burkina par un indicateur biochimique, le rétinol sérique mesuré par HPLC. En effet, la proportion des enfants à faible rétinolémie avant le début de l'intervention était de 85% et celle des mères de 64%, alors que les enfants avaient bénéficié six mois avant de capsules de VA distribuées lors des campagnes de supplémentation. La gravité de la situation est également attestée par le faible niveau des apports en VA avant l'introduction de l'HPR, soit 164 μg EAR pour les enfants et 235 μg EAR pour les mères, ce qui plaçait près de 90 % des enfants et des mères en risque d'apport inadéquat.

Parmi les facteurs modificateurs de la rétinolémie finale, le statut initial en VA s'avère jouer un rôle important, de sorte que l'impact du projet était d'autant plus marqué que les sujets, mères ou enfants, étaient carencés.

Cependant nos résultats suggèrent également que des taux élevés de carence persistent, du moins à la lumière de la rétinolémie: 28% chez les mères et 67% chez les enfants, après deux années d'intervention et six mois après la distribution des capsules de VA aux enfants.

A la lumière des résultats obtenus et malgré les limites méthodologiques, on peut légitimement considérer que la promotion de l'HPR comme source de VA dans les régions qui en produisent ou qui peuvent s'en procurer est une mesure à intégrer dans la série des actions menées contre la carence en VA. Cela nécessitera non seulement de développer la filière de production de l'HPR par des actions d'encadrement, d'équipement et de formation des acteurs de cette filière, mais également de travailler à la mise en place d'un circuit fiable de distribution.

Les résultats ouvrent ainsi des voies d'amélioration des stratégies de contrôle de la carence au Burkina Faso et même dans d'autres pays du Sahel et suggèrent des pistes ultérieures de recherche.

L'important corpus de données récoltées au cours des trois passages d'enquête devra continuer d'être exploité, en particulier dans deux directions:

L'analyse des déterminants des Connaissances, Attitudes et Pratiques (CAP) des mères, étude qui n'était centrale pour l'objectif de nos travaux, devra être réalisée pour mieux comprendre les facteurs déterminants de l'adoption de l'HPR. Par ailleurs, une évaluation complète du processus sera effectuée à la fin d'une seconde phase du projet, d'une durée de deux ans.

L'analyse approfondie de l'influence du statut socio-économique, car il ne ressort pas clairement de nos investigations que les ménages les plus démunis profitent davantage de l'intervention.

Deux autres pistes de recherche opérationnelle nous semblent indiquées.

La première consisterait en des études de faisabilité et d'acceptabilité de mélanges de l'HPR avec d'autres matières grasses alimentaires. De tels mélanges, comprenant des matières grasses déjà connues, et enrichies en VA par l'HPR seraient vraisemblablement davantage appréciés et consommés par les populations.

La deuxième voie de recherche opérationnelle consisterait à développer des indicateurs plus sensibles et plus spécifiques du statut en VA que le rétinol sérique, qui soient en outre adaptés à des applications sur le terrain. Les trousseaux (*kits*) pour le dosage du RBP et du rétinol sérique constituent les premiers exemples qu'il faudra non seulement développer, mais appliquer à des méthodes plus fiables comme la dilution isotopique. En effet, si la détérioration du statut en VA des sujets à teneur normale suite à une supplémentation se confirme, il serait certainement nécessaire de réviser les mesures actuelles de distribution universelle des suppléments, et d'aller vers une distribution ciblant uniquement les sujets déficients.

Enfin, des études longitudinales sur les bienfaits et les bénéfices pour la nutrition et la réduction des risques de maladies chroniques par l'HPR permettraient d'avoir une vue plus complète des avantages qu'elle présente pour la santé.

L'HPR comme source de VA et d'anti-oxydants offre un champ de recherche assez vaste et exaltant, dont les résultats sont directement utiles pour la mise en œuvre des programmes de santé et de nutrition.

Enfin, une question nous revient de façon insistante: que mesure-t-on quand on dose le rétinol sérique? Nous devons reconnaître ne pas pouvoir vraiment répondre avec assurance à cette question. Notre étude ne l'éclaire pas non plus, mais ceci n'était pas parmi les objectifs de l'étude.

LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. WHO. Global prevalence of Vitamin A deficiency. Geneva: World Health Organization, 1995.
2. Humphrey J, West KP, Sommer A. Vitamin deficiency and attributable mortality among under five years old. *Bull World Health Organ* 1992;70:225-32.
3. Beaton GH, Martorell R, Aronson KJ, et al. Effectiveness of Vitamin A supplementation in the control of young child morbidity and mortality in developing countries. ACC/SCN State-of-the-Art Series, Nutrition Policy Discussions Paper N0 13. Genève: United Nations ACC/SCN, 1993:120.
4. Le François P, Chevassus-Agnès S, Benefice E, et al. Vitamin A status of populations in three west african countries. *Int J Vitam Nutr Res* 1980;50:352-63.
5. de Pee S, West CE, Muhilal, et al. Lack of improvement in vitamin A status with increased consumption of dark-green leafy vegetables. *Lancet* 1995;346:75-81.
6. de Pee S, West CE, Permaesih D, et al. 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;68:1058-67.
7. 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.
8. de Pee S, Bloem MW, Gorstein J, et al. Reappraisal of the role of vegetables in the vitamin A status of mothers in Central Java, Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1998;68:1068-74.

9. Erdman JW, Jr. Variable bioavailability of carotenoids from vegetables. *Am J Clin Nutr* 1999;70:179-80.
10. Ross AC. Vitamin A and retinoids. In: Shils ME OJ, Shike M, ed. *Modern Nutrition in health and disease*. 9 ed. Baltimore: (Ed. Shils ME, Olson JA, Shike M) Williams &Wilkins, 1999:305-27.
11. Olson JA. Carotenoids. In: Shils ME OJ, Shike M, ed. *Modern nutrition in health and disease: (Ed. Shils ME, Olson JA, Shike M) Williams &Wilkins, 1999:525-41.*
12. Bates CJ. Vitamin A. *Lancet* 1995;345:31-35.
13. Chasan-Taber L, Willett WC, Seddon JM, et al. A prospective study of carotenoid and vitamin A intakes and risk of cataract extraction in US women. *Am J Clin Nutr* 1999;70:509-16.
14. Qureshi AA, Qureshi SA, Weight JJK, et al. Lowering the serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *Am J Clin Nutr* 1991;53:1021S-26S.
15. Vogt TM, Mayne ST, Graubard BI, et al. Serum lycopene, other serum carotenoids, and risk of prostate cancer in US Blacks and Whites. *Am J Epidemiol* 2002;155:1023-32.
16. FAO/OMS. Besoins en vitamine A, fer, acide folique et vitamine B12. Rapport d'une consultation conjointe FAO/OMS d'experts. Rome: FAO, 1989.
17. Beaton GH. Nutritional assessment of observed nutrient intake: an interpretation of recent requirement reports. *Adv Nutr Res* . 1985; 7:101-28.

18. Olson JA. Hypovitaminosis A: Contemporary scientific issues. *J Nutr* 1994;8 (Suppl.):1461-66.
19. Health Do. Dietary reference values for food energy and nutrients for the United Kingdom. report on Health and social subjects N° 41. London: HMSO, 1991:85-89.
20. Welfare MoHa. Japanese nutritional requirements. Tokyo: Ministry of Health and Welfare, Daiichischuppan, 1984:1-184.
21. Food NCo. Nordic nutrition recommendations. 2 ed. Stockholm: Nordic Council of Ministers, 1989.
22. Board FaN. Recommended dietary allowances. 10 ed. Washington DC: National Academy Press, 1989.
23. Blomhoff R, Green MH, Green JB, et al. Vitamin A metabolism :New perspective on absorption, transport and storage. *Phys Rev* 1991;71:951-90.
24. Blomhoff R. Overview of vitamin A metabolism and function. In: Blomhoff R, ed. *Vitamin A in health and disease*. New York: Marcell Decker Inc, 1994:1-35.
25. Gester H. Vitamin A. Fonctions, dietary requirements and safety use in humans. *Nutr Res* 1997;67:71-90.
26. Rask L, Valtersson C, Arundi H. Sub-cellular localization in normal and vitamin A deficient rat liver of vitamin a serum transport proteins, albumin, ceruloplasmin and class I histocompatibility antigens. *Exp Cell Res* 1983;143:91-102.
27. Wolf G. Retinol transport and metabolisme in transthyretrin-"Knockout" mice. *Nutr Rev* 1995;53.

28. Sommer A, West KP. Vitamin A deficiency: Health, survival and vision. New York: Oxford University Press, 1996.
29. Wolf G. The regulation of retinoic acid formation. *Nutr Revs* 1996;54:182-84.
30. Ross AC. The relationship between immunocompetence and vitamin A status. In: Sommer A, West KP, eds. Vitamin A deficiency: Health, survival and vision. New York: Oxford University Press, 1996:251-73.
31. Dijkhuizen MA, Wieringa FT, West CE, et al. Concurrent micronutrient deficiencies in lactating mothers and their infants in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 2001;73:786-91.
32. Ahmed F, Khan MR, Jackson AA. 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.
33. Schmidt MK, Muslimatun S, West CE, et al. Vitamin A and iron supplementation of Indonesian pregnant women benefits vitamin A status of their infants. *Br J Nutr* 2001;86:607-15.
34. Northrop-Clewes CA, Paracha PI, McLoone UJ, et al. Effect of improved vitamin A status on response to iron supplementation in Pakistani infants. *Am J Clin Nutr* 1996;64:694-9.
35. Garcia-Casal MN, Layrisse M, Solano L, et al. Vitamin A and beta-carotene can improve nonheme iron absorption from rice, wheat and corn by humans. *J Nutr* 1998;128:646-50.

36. Rosales FJ, Jang JT, Pinero DJ. Iron deficiency alters the distribution of vitamin A between plasma and liver, and retinol and retinyl esters in young rats. Proc XIX IVACG Meeting. XIX IVACG Meeting. Durban, South Africa: ILSI, 2000:34.
37. Jackson MJ. The assessment of bioavailability of micronutrients: introduction. Eur J Clin Nutr 1997;51 Suppl 1:S1-2.
38. Parker RS. Methodological considerations in determining vitamin A and carotenoid bioactivity in humans. Food Nutr Bull 2000;21:124-29.
39. Olson JA. The conversion of radio active beta carotene into vitamin A by the rat intestine in vivo. J Biol Chem 1961;236:349-56.
40. Wang XD, Krinsky NI, Tang GW, et al. Retinoic acid can be produced from excentric cleavage of beta-carotene in human intestinal mucosa. Arch Biochem Biophys 1992;293:298-304.
41. Hebuterne X, Wang XD, Johnson E, et al. Intestinal absorption and metabolism of 9-cis-beta-carotene in vivo : biosynthesis of 9, cis retinoic acid. J. Lipid Res. 1995; 36:1264-73.
42. Olson JA. Provitamin A function of carotenoids: the conversion of beta-carotene into vitamin A. J Nutr 1989;119:105-8.
43. Dimitrov NV, Meyer C, Ullrey DE, et al. Bioavailability of beta carotene in humans. Am J Clin Nutr 1988;48:298-304.
44. Yan W, Jang G-F, Haeseleer F, et al. Cloning and characterization of human beta-beta carotene-15-15'-dioxygenase that is highly expressed in the retinal pigment epithelium. Genomics 2001;72:193-202.

45. Wyss A, Wirtz GM, Woggon WD, et al. Expression pattern and localization of beta,beta-carotene 15,15'-dioxygenase in different tissues. *Biochem J* 2001;354:521-9.
46. Redmond TM, Gentleman S, Duncan T, et al. Identification, expression, and substrate specificity of a mammalian beta-carotene 15,15'-dioxygenase. *J Biol Chem* 2001;276:6560-5.
47. Wyss A, Wirtz G, Woggon W, et al. Cloning and expression of beta,beta-carotene 15,15'-dioxygenase. *Biochem Biophys Res Commun* 2000;271:334-6.
48. von Lintig J, Wyss A. Molecular analysis of vitamin A formation: cloning and characterization of beta-carotene 15,15'-dioxygenases. *Arch Biochem Biophys* 2001;385:47-52.
49. Wang XD, Tang GW, Fox JG, et al. 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.
50. van Vliet T, van Schaik F, van den Berg H. Beta caroten metabolism : the enzymatic cleavage to retinal. *Voeding (Neth J Nutr)* 1992;53:186-90.
51. Carlier C, Etchepare M, Ceccon JF, et al. Efficacy of massive oral dose of retinyl pamiate and mangoe (mangifera indica L .) consumption to correct an existing vitamin A deficiency in Senegalese children. *Br J Nutr* 1992; 68:529-40.
52. Wang XD, Russell RM, Marini RP, et al. Intestinal perfusion of beta-carotene in the ferret raises retinoic acid level in portal blood. *Biochim Biophys Acta* 1993;1167:159-64.

53. Kiefer C, Hessel S, Lampert JM, et al. Identification and characterization of a mammalian enzyme catalyzing the asymmetric oxidative cleavage of provitamin A. *J Biol Chem* 2001;276:14110-6.
54. van Vliet T. Absorption of beta carotene and other carotenoids in humans and animal models. *Eur J Clin Nutr* 1996;50 (Suppl.):S32-S37.
55. Wang XD, Krinsky NI. The bioconversion of beta-carotene into retinoids. *Subcell Biochem* 1998;30:159-80.
56. Barua AB, Olson JA. beta-carotene is converted primarily to retinoids in rats in vivo. *J Nutr* 2000;130:1996-2001.
57. Villard L, Bates CJ. Carotene dioxygenase (EC 1.13.11.21) activity in rat intestine: effect of vitamin A deficiency and of pregnancy. *Br J Nutr* 1986;56:115-22.
58. Gronowska-Senger A, Wolf G. Effect of dietary protein on the enzyme from rat and human intestine which converts beta-carotene to retinal. *J Nutr* 1970;100:300-308.
59. Sklan D. Carotene-cleavage activity in chick intestinal mucosa cytosol: association with a high-molecular-weight lipid-protein aggregate fraction and partial characterization of the activity. *Br J Nutr* 1983;50:417-25.
60. Wang XD, Marini RP, Hebuterne X, et al. Vitamin E enhances the lymphatic transport of beta-carotene and its conversion to vitamin A in the ferret. *Gastroenterology* 1995;108:719-26.
61. Parker RS, Swanson JE, You CS, et al. Bioavailability of carotenoids in human subjects. *Proc Nutr Soc* 1999;58:155-62.

62. Solomons NW, Bulux J. Plant sources of provitamin A and human nutriture. *Nutr Rev* 1993;51:199-204.
63. Takyi EE. Children's consumption of dark green, leafy vegetables with added fat enhances serum retinol. *J Nutr* 1999;129:1549-54.
64. Tang G, Gu X, Hu S, et al. Green and yellow vegetables can maintain body stores of vitamin A in Chinese children. *Am J Clin Nutr* 1999;70:1069-76.
65. Delisle H, Bakari S, Gevry G, et al. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles au Niger. *Cah Agric* 1997;6:553-60.
66. Sauberlich HE, al. e. Vitamin A metabolism and requirements in the human studied with the use of labelled retinol. *Vitam Horm* 1974;32:251-75.
67. FAO/OMS. Besoins en vitamine A, thiamine, riboflavine et niacine. Rapport d'un groupe mixte FAO/OMS d'experts. Réunions de la FAO sur la nutrition, rapport n°41. Rome: FAO, 1967.
68. Castenmiller JJ, West CE. Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr* 1998;18:19-38.
69. Gaziano JM, Johnson EJ, Russell RM, et al. Discrimination in the absorption or transport of beta carotene isomers after oral supplementation with either all-trans or 9-cis-beta carotene. *Am J Clin Nutr* 1995;61:1248-52.
70. Stahl W, Schwarz W, von Laar J, et al. All-trans beta-carotene preferentially accumulates in human chylomicrons and very low density lipoproteins compared with the 9-cis geometrical isomer. *J Nutr* 1995;125:2128-33.

71. Stahl W, Schwarz W, Sundquist AR, et al. cis-trans isomers of lycopene and beta-carotene in human serum and tissues. *Arch Biochem Biophys* 1992;294:173-7.
72. Stahl W, Sies H. Uptake of lycopene and its geometrical isomers is greater from heat- processed than from unprocessed tomato juice in humans. *J Nutr* 1992;122:2161-6.
73. Levin G, Mokady S. Incorporation of all-trans- or 9-cis-beta-carotene into mixed micelles in vitro. *Lipids* 1995;30:177-9.
74. Prince MR, Frisoli JK, Goetschkes MM, et al. Rapid serum carotene loading with high-dose beta-carotene: clinical implications. *J Cardiovasc Pharmacol* 1991;17:343-7.
75. Prince MR, Frisoli JK. Beta-carotene accumulation in serum and skin. *Am J Clin Nutr* 1993;57:175-81.
76. Dutra-de-Oliveira JE, Favaro RM, Junqueira-Franco MV, et al. Effect of heat treatment on the biological value of beta-carotene added to soybean cooking oil in rats. *Int J Food Sci Nutr* 1998;49:205-10.
77. Edwards AJ, Nguyen CH, You CS, et al. Alpha and beta-Carotene from a Commercial Carrot Purée Are More Bioavailable to Humans than from Boiled-Mashed Carrots, as Determined Using an Extrinsic Stable Isotope Reference Method. *J Nutr* 2002;132:159-67.
78. Huang C, Tang YL, Chen CY, et al. The bioavailability of beta-carotene in stir- or deep-fried vegetables in men determined by measuring the serum response to a single ingestion. *J Nutr* 2000;130:534-40.

79. Rodriguez-Amaya DB. Changes in carotenoids during processing and storage of foods. *Arch Latinoam Nutr* 1999;49:38S-47S.
80. Jayarajan P, Reddy V, Mohanram M. Effect of dietary fat on absorption of beta carotene from green leafy vegetables in children. *Indian J Med Res* 1980;71:53-6.
81. Roodenburg AJ, Leenen R, van het Hof KH, et al. 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;71:1187-93.
82. Kasper H, Ernst B. [Effect of nutritional fat on vitamin-A and carotene resorption]. *Int Z Vitaminforsch* 1969;39:23-9.
83. 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;57:11-8.
84. Ribaya-Mercado JD, Solon FS, Solon MA, 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;72:455-65.
85. Parvin SG, Sivakumar B. Nutritional status affects intestinal carotene cleavage activity and carotene conversion to vitamin A in rats. *J Nutr* 2000;130:573-7.
86. van Vliet T, van Vlissingen MF, van Schaik F, et al. beta-Carotene absorption and cleavage in rats is affected by the vitamin A concentration of the diet. *J Nutr* 1996;126:499-508.

87. Kimiagar M, Vahidi A. Vitamin A and beta carotene status in iodine deficiency. Report of the XVII International Vitamin A Consultative Group Meeting. Virtual elimination of vitamin A deficiency: obstacles and solutions for the year 2000. Guatemala city: IVACG, 1996.
88. Christian P, Khattry SK, Yamini S, et al. Zinc supplementation might potentiate the effect of vitamin A in restoring night vision in pregnant Nepalese women. *Am J Clin Nutr* 2001;73:1045-51.
89. Rahman MM, Wahed MA, Fuchs GJ, et al. Synergistic effect of zinc and vitamin A on the biochemical indexes of vitamin A nutrition in children. *Am J Clin Nutr* 2002;75:92-8.
90. Rahman MM, Vermund SH, Wahed MA, et al. Simultaneous zinc and vitamin A supplementation in Bangladeshi children: randomised double blind controlled trial. *Bmj* 2001;323:314-8.
91. (UICPA). The vitamin A potency of beta-carotene. Londres: Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée, 1959:1-11.
92. West CE. Meeting requirements for vitamin A. *Nutr Rev* 2000;58:341-5.
93. NAS, IOM. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc.,. Washington, DC: National Academy Press, Institute of Medicine, 2001 (version provisoire).
94. van het Hof KH, Brouwer IA, West CE, et al. Bioavailability of lutein from vegetables is 5 times higher than that of beta-carotene. *Am J Clin Nutr* 1999;70:261-8.

95. IOM. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc., Washington, DC: National Academy Press, Institute of Medicine, 2002.
96. Humes EM, Krebs HA. Vitamin A requirements of human adults. London: Medical Research Council, 1949.
97. Tang G, Qin J, Dolnikowski GG, et al. Vitamin A equivalence of beta-carotene in a woman as determined by a stable isotope reference method. *Eur J Nutr* 2000;39:7-11.
98. Lin Y, Dueker SR, Burri BJ, et al. Variability of the conversion of beta-carotene to vitamin A in women measured by using a double-tracer study design. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1545-54.
99. van Lieshout M, West CE, Muhilal, et al. Bioefficacy of beta-carotene dissolved in oil studied in children in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 2001;73:949-58.
100. West CE. Recommendations for food based interventions: Why is VAD not a problem in developed countries but still a major problem in developing countries? Abstract. XX IVACG Meeting. Hanoi, Vietnam, 2001.
101. Bloem MW, de Pee S, Darnton-Hill I. New issues in developing effective approaches for the prevention and control of vitamin A deficiency. *Food Nutr Bull* 1998;19:137-48.
102. Bakari S. Le déficit d'apport permet-il d'expliquer la forte prévalence en VA au Niger? Etude chez les enfants d'âge préscolaire. Département de Nutrition. Montréal: Université de Montréal, 1997:297.

103. Tarwotjo I, Tilden R, Pettiss S, et al. Interactions of community nutritional status and xerophthalmia in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1983;37:645-51.
104. Hudelson P, Dzikunu H, Mensah JD, et al. Dietary pattern in a rural area in Ghana and their relevance for vitamin A consumption. *Ecol Food Nutr* 1999;38:183-207.
105. 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;75:872-9.
106. van Stuijvenberg ME, Kvalsvig JD, Faber M, et al. 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;69:497-503.
107. van Stuijvenberg ME, Faber M, Dhansay MA, et al. 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:S43-50.
108. van Stuijvenberg ME, Dhansay MA, Lombard CJ, et al. 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;55:657-62.
109. Sivan YS, Alwin Jayakumar Y, Arumughan C, et al. Impact of vitamin A supplementation through different dosages of red palm oil and retinol palmitate on preschool children. *J Trop Ped* 2002;48:24-28.
110. Rukmini C. Red palm oil to combat vitamin A deficiency in developing countries. *Food Nutr Bull* 1994;15:126-9.

111. Lietz G, Henry CJ, Mulokozi G, et al. Comparison of the effects of supplemental red palm oil and sunflower oil on maternal vitamin A status. *Am J Clin Nutr* 2001;74:501-9.
112. Shankar AV, West KP, Jr., Gittelsohn J, et al. Chronic low intakes of vitamin A-rich foods in households with xerophthalmic children: a case-control study in Nepal. *Am J Clin Nutr* 1996;64:242-8.
113. Shankar AV, Gittelsohn J, West KP, Jr., et al. Eating from a shared plate affects food consumption in vitamin A-deficient Nepali children. *J Nutr* 1998;128:1127-33.
114. Balavady B, Gopalan C. Chemical composition of human milk in poor Indian women. *Ind J Med Res* 1959;47:234-45.
115. De Sole G, Belay Y, Zegeye B. Vitamin A deficiency in southern Ethiopia. *Am J Clin Nutr* 1987;45:780-84.
116. Ramakrishnan U, Martorell R, Latham MC, et al. Dietary vitamin A intakes of preschool-age children in South India. *J Nutr* 1999;129:2021-7.
117. Mele L, West KP, Kusdiono AP, et al. Nutritional and household risk factors for xerophthalmia in Aceh, Indonesia: a case control study. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1460-65.
118. WHO, UNICEF, Force IT. Vitamin A supplementation. A guide to their use in the treatment and control of vitamin A deficiency and xerophthalmia. 2 ed. Geneva: WHO, 1997.
119. Tarini A, Bakari S, Delisle H. La qualité nutritionnelle globale de l'alimentation d'enfants nigériens se reflète sur leur croissance. *Sante* 1999;9:23-31.

120. Ramakrihsnan U, Martorell R, Latham MC, et al. Dietary VA intakes of preschool-age children in south India. *J Nutr* 1999;129:2012-27.
121. Mosha TC, Laswai HS, Mtebe K, et al. 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.
122. Wolde-Gebriel Z, Demeke T, West CE. Xerophthalmia in Ethiopia: a nationwide ophthalmological, biochemical and anthropometric survey. *Eur J Clin Nutr* 1991;45:469-78.
123. Pilch SM. Analysis of the vitamin A data from the Health and Nutrition Examination Surveys. *J Nutr* 1987;117:636-40.
124. Sommer A, Hussaini G, Muhilal. History of night blindness: a simple tool for xerophthalmia screening. *Am J Clin Nutr* 1982;33:887-91.
125. Sinha DP, Bang FB. Seasonal variation of signs of vitamin A deficiency in rural West Bengal children. *Lancet* 1973;2:228-31.
126. Fleury R, Vanaderbergh F. Planification d'un projet d'intervention contre la carence en VA dans le village de Petit Samba au Burkina. Mémoire de stage Capacité en Médecine Tropicale. Médecine tropicale. Bordeaux: Université de Bordeaux, 2001.
127. Katz J, Khattry SK, West KP, et al. Night blindness is prevalent during pregnancy and lactation in rural Nepal. *J Nutr* 1995;125:2122-7.
128. Smith FR, Goodman DS. The effects of diseases of liver , thyroid and kidneys on the transport of vitamin A un human plasma. *J Clin Invest* 1971;50:2426-36.

129. Rosales FJ, Ritter SJ, Zolfaghari R, et al. The mechanism of inflammation-induced hyporetinolemia. XVII IVACG Meeting. Guatemala: IVACG, 1996.
130. Rosales FJ, Topping JD, Smith JE, et al. Relation of serum retinol to acute phase proteins and malarial morbidity in Papua New Guinea children. *Am J Clin Nutr* 2000;71:1582-8.
131. VAST. GVASTG. Vitamin A supplementation in northern Ghana: effects of clinic attendances, hospital admissions and child mortality. *Lancet* 1993;342:7-12.
132. Schaumberg DA, Connor JO, Semba RD. Risk factors of xerophthalmia in the republic of Kirabiti. *Eur J Clin Nutr* 1996;50:761-64.
133. Rosen DS, Sloan NL, del Rosario A, et al. Risk factors for vitamin A deficiency in rural areas of the Philippines. *J Trop Ped* 1994;40:82-87.
134. Chandra RK, Vyas. Vitamin A, immunocompetence and infection. *Food Nutr Bull* 1989;11:12-19.
135. Ahmed F, Mohiduzzaman M, Jackson AA. Vitamin A absorption in children with ascariasis. *Br J Nutr* 1993;69:817-25.
136. Persson V, Ahmed F, Gebre-Medhin M, et al. Relationships between vitamin A, iron status and helminthiasis in Bangladeshi school children. *Public Health Nutr* 2000;3:83-9.
137. Tanumihardjo SA, Permaesih D, Muherdiyantiningsih, et al. Vitamin A status of Indonesian children infected with *Ascaris lumbricoides* after dosing with vitamin A supplements and albendazole. *J Nutr* 1996;126:451-7.

138. Persson V, Ahmed F, Gebre-Medhin M, et al. Increase in serum beta-carotene following dark green leafy vegetable supplementation in Mebendazole-treated school children in Bangladesh. *Eur J Clin Nutr* 2001;55:1-9.
139. Friis H, Mwaniki D, Omondi B, 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;66:665-71.
140. Villamor E, Mbise R, Spiegelman D, et al. Vitamin A supplements ameliorate the adverse effect of HIV-1, malaria, and diarrheal infections on child growth. *Pediatrics* 2002;109:E6.
141. Fawzi WW, Mbise R, Spiegelman D, et al. Vitamin A supplements and diarrheal and respiratory tract infections among children in Dar es Salaam, Tanzania. *J Pediatr* 2000;137:660-7.
142. D'Souza RM, D'Souza R. Vitamin A for preventing secondary infections in children with measles-- a systematic review. *J Trop Pediatr* 2002;48:72-7.
143. Sempertegui F, Estrella B, Camaniero V, 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:e1.
144. Spannaus-Martin DJ, Cook LR, Tanumihardjo SA, et al. Vitamin A and vitamin E statuses of preschool children of socioeconomically disadvantaged families living in the midwestern United States. *Eur J Clin Nutr* 1997;51:864-9.
145. Kjolhede CL, Stallings RY, Dibley MJ, et al. Serum retinol level among preschool children in Central Java: demographic and socio economic determinants. *Int J Epidemiol* 1995;24:399-403.

146. WHO. Indicators for assessing VAD and their application in monitoring and evaluating intervention programmes. Geneva: WHO, 1996:66.
147. Sommer A. Vitamin A deficiency and its consequences: a field guide to their detection and control. 3 ed. Geneva: WHO, 1995.
148. Ribaya-Mercado JD, Mazariegos M, Tang G. Assessment of total body stores of vitamin A in Guatemalan elderly by the deuterated-retinol-dilution method. *Am J Clin Nutr* 1999;69:278-84.
149. Haskell MJ, Mazumder RN, Peerson JM, et al. Use of the deuterated-retinol-dilution technique to assess total-body vitamin A stores of adult volunteers consuming different amounts of vitamin A. *Am J Clin Nutr* 1999;70:874-80.
150. Solomons NW, Russell RM. "Appropriate technology" for vitamin A field research. *Am J Clin Nutr* 2001;73:849-50.
151. Haskell MJ, Handelman GJ, Peerson JM, et al. 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.
152. Furr HC, Amedee-Manesme O, Clifford AJ, et al. Vitamin A concentrations in liver determined by isotope dilution assay with tetradeuterated vitamin A and by biopsy in generally healthy adult humans. *Am J Clin Nutr* 1989;69:576-7.
153. Loerch JD, Underwood B, Lewis KC. 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.

154. Tanumihardjo SA, Koellner PG, Olson JA. The modified relative dose response assay as an indicator of vitamin A status in a population of well-nourished American children. *Am J Clin Nutr* 1990;52:1064-67.
155. Tanumihardjo SA, Cheng JC, Permaesih D, et al. 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.
156. Stoltzfus RJ, Underwood B. Breastmilk vitamin A as an indicator to assess vitamin A status of women and infants. *WHO Bull* 1995;73:703-11.
157. de Pee S, Yuniar Y, West CE, et al. Evaluation of biochemical indicators of vitamin A status in breast-feeding and non-breast-feeding Indonesian women. *Am J Clin Nutr* 1997;66:160-7.
158. Rice AL, Stoltzfus RJ, de Francisco A, et al. Evaluation of serum retinol, the modified-relative-dose-response ratio, and breast-milk vitamin A as indicators of response to postpartum maternal vitamin A supplementation. *Am J Clin Nutr* 2000;71:799-806.
159. Carlier C, Amédée-Manesme O. Une méthode de diagnostic précoce du déficit en vitamine A: l'impression conjonctivale transférée. *Med Nutr* 1991;4:201-07.
160. Lietman TM, Dhutal SP, Dean D. Conjunctival impression cytology for vitamin A deficiency in the presence of infectious trachoma. *Br J Ophthalmol* 1998;82:1139-42.
161. Udomkesmalee E, Dhanamitta S, Sirisinha S, et al. Effect of vitamin A and zinc supplementation on the nutriture of children in Northeast Thailand. *Am J Clin Nutr* 1992;56:50-7.

162. Congdon NG, Dreyfuss ML, Christian P, et al. Responsiveness of dark-adaptation threshold to vitamin A and beta-carotene supplementation in pregnant and lactating women in Nepal. *Am J Clin Nutr* 2000;72:1004-9.
163. Sanchez AM, Congdon NG, Sommer A, et al. Pupillary threshold as an index of population vitamin A status among children in India. *Am J Clin Nutr* 1997;65:61-6.
164. Thompson FE, Byers T. Dietary assessment resource manual. *J Nutr* 1994;124:2245S-317S.
165. Nelson M, Bingham SA. Assessment of food consumption and nutrient intake. In: Margetts BM, Nelson M, eds. *Design concepts in nutritional epidemiology*. 2 ed. Oxford: Oxford University Press, 2000:123-69.
166. Willett WC. *Nutritional epidemiology*. New York: Oxford University Press, 1990.
167. Dop MC, Milan C, NDiaye AM. Use of the multiple-day weighed record for Senegalese children during the weaning period: a case of the "instrument effect". *Am J Clin Nutr* 1994;59:266S-68S.
168. Rosen DS, Haselow, Sloan NL. 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.
169. Underwood B, Chavez M, Hankin J, et al. Guidelines for the development of a simplified dietary assessment to identify groups at risk for inadequate intake of vitamin A. Washington: International Vitamin A Consultative Group (IVACG), 1989:61.

170. Lin KL. Assay validation using the concordance correlation coefficient . *Biometrics* 1992;48:255-68.
171. 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.
172. Dibley MJ, Sadjimin T, Kjolhede CL, et al. Evaluation of food frequency questionnaire to estimate vitamin A intake in preschool age children in Indonesia. Report of the XVII IVACG Meeting. Guatemala city: IVACG, 1996.
173. Humphrey J, Friedman D, Natadisastra G, et al. 24-hour history is more closely associated with vitamin A status and provides a better estimate of dietary vitamin A intake of deficient Indonesian preschool children than a food frequency method. *J Am Diet Assoc* 2000;100:1501-10.
174. Rahamanifar A, Bond JT. Food consumption, iron intake and dietary patterns of urban pregnant women from different socioeconomic populations in central Iran. *Ecol Food Nutr* 1990;24:97-114.
175. Ministère de la santé (Mini S. Plan National d'Action pour la Nutrition; version révisée. Ouagadougou: Ministère de la santé, 2001.
176. Dettwyler KA. The biocultural approach in nutritional anthropology: case studies of malnutrition in Mali. *Med Anthropol* 1992;15:17-39.
177. Dei GJS. Hunting and gathering in a Ghanaian rain forest community. *Ecol Food Nutr* 1989;22:225-43.

178. Diacoumba D, Zagre NM. . Etude des systèmes de sécurité alimentaire dans le plateau central au Burkina. Rapport de consultation pour le projet CES/AGF, Financement FIDA/UNICEF;. Ouagadougou: CES/AGF, 1998.
179. FAO/OMS. International Conference on Nutrition. World declaration and plan of action for nutrition. Rome: FAO, 1992.
180. Delisle H. Dietary approaches for sustainable control and prevention of vitamin A deficiency: What can be done? (Draft for WHO). Montreal: Department of Nutrition, University of Montreal, 2001.
181. de Pee S, Bloem MW, Kiess L. Evaluating food-based programmes for their reduction of VAD and its consequences. *Food Nutr Bull* 2000;21:232-46.
182. Nalubola R, Nestel P. The effect of vitamin A nutriture on health. A review. Washington DC: USAID/ILSI, 1999.
183. Ruel MT, Levin CE. .Assessing the potential for food-based strategies to reduce vitamin A and iron deficiencies: A review of recent evidence. Washington DC: IFPRI, 2000.
184. Gibson RS, Hotz C, Temple L, et al. Dietary strategies to combat deficiencies in iron, zinc and vitamin A in developing countries: Development, implementation, monitoring and evaluation. *Food Nutr Bull* 2000;21:219-31.
185. FAO. Food fortification: technology and quality control. Report of a FAO technical meeting held in Rome, 1995. FAO Food and Nutrition Paper. Rome: Food and Agriculture Organization, 1996.
186. Roche/OMNI/USAID. Fortification basics: the choice of a vehicle. Information brochure. Santiago, Chili: Roche/OMNI/USAID, 1997.

187. Path C. Fortification Rapid Assessment Tool (FRAT). Ottawa: Path Canada, 1999.
188. Diacoumba D, Zagre NM. Détermination d'aliments vecteurs, des doses efficace et toxique pour l'enrichissement en vitamine A au Niger: exercice du Fortification Rapid Assessment Tool (FRAT). Rapport de consultation. Niamey: Helen Keller International, 2000.
189. Zagre NM, Diacoumba D, Nanema A, et al. Détermination d'aliments vecteurs, des doses efficace et toxique pour l'enrichissement en vitamine A au Burkina: exercice du Fortification Rapid Assessment Tool (FRAT). Rapport de consultation. Ouagadougou: Helen Keller International, 1999.
190. Zagre NM. Etude de faisabilité de l'enrichissement en vitamine A et/ou en fer d'aliments locaux en république Islamique de Mauritanie. Rapport de consultation. Nouakchott: WHO, 2002.
191. Berner LA, Clydesdale FM, Douglass JS. Fortification contributed greatly to vitamin and mineral intakes in the United States, 1989-1991. *J Nutr* 2001;131:2177-83.
192. Darnton-Hill I. Overview: rationale and elements of a successful food fortification programme. *Food Nutr Bull* 1998;19:92-100.
193. Oyarzun MT, Uauy R, Olivares S. [Food based approaches to improve vitamin and mineral nutrition adequacy]. *Arch Latinoam Nutr* 2001;51:7-18.
194. Reddy V. Comments on the development of high-carotene foods with the use of biotechnology. *Food Nutr Bull* 2000;21:247.

195. Wallerstein C. New sweet potato could help combat blindness in Africa. *Br Med J* 2000;321:786.
196. Habicht JP, Victora CG, Vaughan JP. Evaluation designs for adequacy, plausibility and probability of public health programme performance and impact. *Int J Epidemiol* 1999;28:10-8.
197. de Pee S, Bloem MW, Satoto, et al. Impact of social marketing campaign promoting dark green leafy vegetables and eggs in central Java, Indonesia. *Int J Vitam Nutr Res* 1998;68:389-98.
198. Hagenimana V, Oyunga MA, Low J, et al. The effects off women farmer's adoption of orange-fleshed sweet potatoes : raising vitamin A intake in Kenya. Washington DC: IRCW/OMNI, 1999.
199. Smitasiri S, Dhanamitta S. Sustaining behavior change to enhance micronutrient status : community and women-based interventions in Thailand, Research Report Series 2I. Washington DC: ICRW/OMNI, 1999.
200. Yusuf HKM, Islam MN. . Improvement of nightblindness situation in children through simple nutrition education intervention with the parents. *Ecol Food Nutr* 1994;31:247-56.
201. Rao BSN. Potential use of red palm oil in combating vitamin A deficiency in India. *Food Nutr Bull* 2000;21:202-11.
202. Chakravarty I. Food based strategies to control vitamin A deficiency. *Food Nutr Bull* 2000;21:135-43.

203. Krause VM, Delisle H, Solomons NW. Fortified foods contribute one half of recommended vitamin A intake in poor urban Guatemalan toddlers. *J Nutr* 1998;128:860-4.
204. Solon FS, Klemm RD, Sanchez L, et al. Efficacy of a vitamin A-fortified wheat-flour bun on the vitamin A status of Filipino schoolchildren. *Am J Clin Nutr* 2000;72:738-44.
205. Fiedler JL, Dado DR, Maglalang H, et al. Cost analysis as a vitamin A program design and evaluation tool: a case study of the Philippines. *Soc Sci Med* 2000;51:223-42.
206. Bank W. World development report: investing in health. Washington: The world bank Oxford University Press, 1993.
207. Zagre NM, Tarini A. L'huile de palme rouge : au delà de la vitamine A, des antioxydants. *Med Nutr* 2001;37:53-58.
208. Solomons NW, Bulux J. Identification and production of local carotene-rich foods to combat vitamin A malnutrition. *Eur J Clin Nutr* 1997;51 Suppl 4:S39-45.
209. Chamoiseau G, Chassot P, Leclerc M. Prophylaxie nutritionnelle de l'hypovitaminose A en Mauritanie. Élevage et beta carotène. *Rev Int Trach Path Ocul Trop Subtropic Sante Publ* 1992;69:167-75.
210. Mariath JGR, Lima MCC, Santos LM. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vibifera*) and its effectiveness in the treatment and prevention of xerophthalmia. *Am J Clin Nutr* 1989;49:849-53.
211. Wuidart W. Huile de palme et ses fractions. In: Karleskind A, ed. *Manuel des corps gras*. Paris: Tec & Doc Lavoisier, 1992:228-38.

212. Kurt GB. Palm oil. In: Eds HTC, ed. Handbook of tropical foods, 1983:433-68.
213. Tarini A. Etude sur la production artisanale de l'huile de palme rouge au Burkina Faso : " une étude pour le projet Huile de palme rouge au Burkina ", Rapport d'enquête. Ouagadougou: Projet Huile de Palme rouge, 1999:40.
214. Osim EE, Owu DU, Isong E, et al. Influence of chronic consumption of thermooxidized and fresh palm oil diets on basal metabolic rate, body weight and morphology of tissues in rats. *Discov Innov* 1994;6:389-96.
215. Cottrell RC. Nutritional aspects of red palm oil. *Am J Clin Nutr* 1991;53:989S-1009S.
216. Chandrashekhar G. Versatility Of Palm Oil.: The Palm Oil Refiners Association of Malaysia (PORAM), 1996.
217. 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;53:285-91.
218. Kritchevsky D. Impact of red palm oil on human nutrition and health. *Food Nutr Bull* 2001;21:182-88.
219. Choo MY. Palm oil carotenoids. *Food Nutr Bull* 1994; 15:130-37.
220. Asiedu JJ. La transformation des produits agricoles en zone tropicale. Approche technologique...: Karthala, 1991.
221. Nagendran B, Unnithan UR, Choo MY, et al. Characteristics of red palm oil, a caroten and vitamin E-rich refined oil for food uses. *Food Nutr Bull* 2001;21:189-94.

222. Sies H, Stahl W. Vitamins E and C, beta-carotene, and other carotenoids as antioxidants. *Am J Clin Nutr* 1995;62:1315S-21S.
223. Clerc M. [Antioxidant and/or free radical scavenger vitamins in tropical medicine]. *Bull Acad Natl Med* 1992;176:1393-406; discussion 406-10.
224. Sundram K, Khor HT, Ong AS, et al. Effect of dietary palm oils on mammary carcinogenesis in female rats induced by 7,12-dimethylbenz(a)anthracene. *Cancer Res* 1989;49:1447-51.
225. Sylvester PW, Russell M, Ip MM, et al. Comparative effects of different animal and vegetable fats fed before and during carcinogen administration on mammary tumorigenesis, sexual maturation, and endocrine function in rats. *Cancer Res* 1986;46:757-62.
226. Wood R, Kubena K, O'Brien B, et al. Effect of butter, mono- and polyunsaturated fatty acid-enriched butter, trans fatty acid margarine, and zero trans fatty acid margarine on serum lipids and lipoproteins in healthy men. *J Lipid Res* 1993;34:1-11.
227. Ng TK, Hayes KC, DeWitt GF, et al. Dietary palmitic and oleic acids exert similar effects on serum cholesterol and lipoprotein profiles in normocholesterolemic men and women. *J Am Coll Nutr* 1992;11:383-90.
228. Chong YH, Ng TK. Effects of palm oil on cardiovascular risk. *Med J Malaysia* 1991;46:41-50.
229. Ng TK, Hassan K, Lim JB, et al. Nonhypercholesterolemic effects of a palm-oil diet in Malaysian volunteers. *Am J Clin Nutr* 1991;53:1015S-20S.

230. West CE, Poortvliet EJ. The carotenoid content of foods with special reference to developing countries. Washington: VITAL, 1993.
231. Jamba A. Fabrication artisanale de l'huile de palme à l'I.N.R.A.F. Institut de recherche agronomique de Foulaya-Kindia, Foulaya, Guinée. Foulaya-Kindia, Guinée: Institut de Recherche Agronomique, 1982.
232. UNIFEM. Extraction des huiles. Technologie du cycle alimentaire / Manuel de référence No 1. New York: Fonds des Nations Unies pour la femme, 1989.
233. Smouse TH. Factors affecting oil quality and stability. In: Warner K, Michael ENA, eds. Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods. Illinois: AOCS Press champaign., 1994:17-36.
234. Ooi CK, Choo YM, Basiron Y, et al. Recovery of carotenoids from palm oil. JOACS 1994;71:423-26.
235. Codjia P. Rapport de travaux réalisés dans le cadre du projet pilote "Huile de palme non raffinée pour la vitamine A au Burkina-Faso": Contrôle de la qualité de l'huile de palme non raffinée et protocole d'étude chez les femmes allaitantes. Département de Nutrition - Faculté de Médecine. Montréal: Université de Montréal, 2000.
236. Okpokwasili GC, Molokwu CN. Yeast and mould contaminants of vegetable oils. Bio Tech 1996;57:245-49.
237. EMU. International EMU oil standards; <http://uniquelyemu.com/article13.htm>.; EMU, 1998.
238. Rossell JB. Vegetable oils and fats. Analysis of oilseeds, fats and fatty foods. London & New-York.: Elsevier Applied Science, 1991:261-327.

239. Nkpa NN, Osanu FC, Arowolo TA. Effect of packaging materials on storage stability of crude palm oil. *JOACS* 1990;67:259-63.
240. Nkpa NN, Arowolo TA, Akpan HJ. Quality of nigerian palm oil after bleaching with local treated clays. *JOACS* 1989;66:218-22.
241. Akusu MO, Achinewhu SC, Mitchell J. Quality attributes and storage stability of locally and mechanically extracted crude palm oils in selected communities in Rivers and Bayelsa states, Nigeria. *Plant Foods Hum Nutr* 2000;55:119-26.
242. Food aDA. Action levels for poisonous or deleterious substances in human food and animal feed . *Industry Activities Staff Booklet.: Food and Drug Administration, 1998.*
243. Mahapatra S, Manorama R. The protective effect of red palm oil in comparisson with massive vitamin A dose in combating vitamin A deficiency in Orissa, India. *Asia Pacific J Clin Nutr* 1997;6:246-50.
244. Lietz Q, Henry CJK. Use of RPO for the Promotion of Maternal VA Status.: Carotino site Web, 1999.
245. (NFI) NFoI. Use of carotene-rich foods to combat vitamin A deficiency in India--a multicentric study by the Nutrition Foundation of India. *Indian Pediatr* 1997;34:313-8.
246. Berg A. Malnutrition : les remèdes existent. L'expérience de la Banque Mondiale., Washington, DC, 1989.
247. (INSD). EDS 1999 Enquête Démographique et de Santé du Burkina Faso 1999. Maryland, Columbia: Macro International Inc., 2000:327.

248. FAOSTAT. Site Web de la FAO, Statistics database.: FAO, 1997.
249. FAO. Aperçu nutritionnel par pays- Burkina Faso. Rome: FAO, 1998.
250. Codjia P. La supplémentation en vitamine A prépare-t-elle la voie à des approches alimentaires durables? Une étude au Burkina Faso. Institut Santé et Développement. Paris: Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 2002.
251. Zagre NM, Delisle H, Tarini A, et al. [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.
252. West CE, Castenmiller JJ. Quantification of the "SLAMENGI" factors for carotenoid bioavailability and bioconversion. *Int J Vitam Nutr Res* 1998;68:371-7.
253. Solomons NW. Plant sources of vitamin A and human nutrition: red palm oil does the job. *Nutr Rev* 1998;56:309-11.
254. Solomons NW. Plant sources of vitamin A and human nutrition: renewed strategies. *Nutr Rev* 1996;54:89-91.
255. Delisle H. Projet Huile de palme non raffinée pour la vitamine A au Burkina Faso. Projet pilote mars 1999-février 2002. Rapport narratif final. Montréal: Département de Nutrition, Université de Montréal, 2002.
256. Contandriopoulos AP, Belanger L, Nguyen H. *Savoir préparer une recherche*. Montréal: Groupe de recherche interdisciplinaire en santé, Université de Montréal, 1989.

257. Bouyer J. Méthodes statistiques: médecine, biologie. Paris: ESTEM-INSERM, 1996.
258. Brown Thomas J, Duewer DL, Kline MC, et al. The stability of retinol, alpha-tocopherol, trans-lycopene, and trans- beta-carotene in liquid-frozen and lyophilized serum. *Clin Chim Acta* 1998;276:75-87.
259. Comstock GW, Norkus EP, Hoffman SC, et al. 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.
260. Ocké MC, Schrijver J, Obermann-de Boer GL, et al. Stability of blood (pro) vitamins during four years of storage at -20 C: consequences for epidemiologic research *J Clin Epidemiol*, 1995, Vol. 48, No 8, pp 1077-1085. *J Clin Epidemiol* 1995;48:1077-85.
261. Sapin V, Alexandre MC, Chaib S, et al. Effect 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.
262. Nordeide MB, Hatloy A, Folling M, et al. Nutritional composition and nutritional importance of green leaves and wild food resources in an agricultural district, Koutiala, South Mali. *Int J Food Sci Nutr* 1996;47:455-68.
263. Simith GC, Duecker SR, Clifford AJ, et al. Carotenoids value of selected plant foods common to southern Burkina Faso, West Africa. *Ecol Food Nutr* 1996;35:41-58.
264. Brown KH, Black RE, Robertson AD, et al. Clinical and field trial of human lactation:methodological considerations. *Am J Clin Nutr* 1982;52:1005-13.

265. Creed de Kanashiro H, Brown KH, Lopez de Rosana G, et al. Consumption of food and nutrients by infants in Huascar (Lima), Peru. *Am J Clin Nutr* 1990;52:995-1004.
266. Prentice AM, Paul A, Prentice A, et al. Cross-cultural differences in lactational performance. In: Hamosh M, Goldman AS, eds. *Human lactation: maternal and environmental factors*. New York, 1986:13-50.
267. Levy PS, Lemeshow S. *Sampling of populations: methods and applications*. New York: John Wiley & Sons, 1991.
268. Shah BV, Barnwell BG, Bieler GS, eds. *SUDAAN User's manual, release 7.5*. NC: Research Triangle Institute, 1997.
269. Lemeshow S, Cook ED. Practical considerations in the analysis of complex sample survey data. *Rev Epidemiol Sante Publique* 1999;47:479-87.
270. HKI. Étude de base d'évaluation du niveau des indicateurs de nutrition et santé dans le cadre du projet jardinage. Ouagadougou: Helen Keller International/UNICEF, 2001:33.
271. Hickenbottom S, Follet JR, Lin Y, et al. Variability in conversion of beta-carotene to VA in men as measured by using a double-tracer study design. *Am J Clin Nutr* 2002;75:900-7.
272. Borel P, Grolier P, Mekki N, et al. Low and high responders to pharmacological doses of beta-carotene: proportion in the population, mechanisms involved and consequences on beta-carotene metabolism. *J Lipid Res* 1998;39:2250-60.

273. van Vliet T, Schreurs WH, van den Berg H. Intestinal beta-carotene absorption and cleavage in men: response of beta-carotene and retinyl esters in the triglyceride-rich lipoprotein fraction after a single oral dose of beta-carotene. *Am J Clin Nutr* 1995;62:110-6.
274. Griffiths JK. The vitamin A paradox. *J Pediatr* 2000;137:604-7.
275. Dibley MJ, Sadjimin T, Kjolhede CL, et al. Vitamin A supplementation fails to reduce incidence of acute respiratory illness and diarrhea in preschool-age Indonesian children. *J Nutr* 1996;126:434-42.
276. Ramakrishnan U, Latham MC, Abel R, et al. Vitamin A supplementation and morbidity among preschool children in south India. *Am J Clin Nutr* 1995;61:1295-303.
277. Pinnock CB, Douglas RM, Martin AJ, et al. Vitamin A status of children with a history of respiratory syncytial virus infection in infancy. *Aust Paediatr J* 1988;24:286-9.
278. Stansfield SK, Pierre-Louis M, Lerebours G, et al. Vitamin A supplementation and increased prevalence of childhood diarrhoea and acute respiratory infections. *Lancet* 1993;342:578-82.
279. Brown L, Rimm EB, Seddon JM, et al. A prospective study of carotenoid intake and risk of cataract extraction in US men. *Am J Clin Nutr* 1999;70:517-24.
280. Sato R, Helzlsouer KJ, Alberg AJ, et al. Prospective study of carotenoids, tocopherols, and retinoid concentrations and the risk of breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2002;11:451-7.

ANNEXES

Annexe 1

Zagré NM et Tarini A. L'huile de palme rouge : au delà de la vitamine A, des antioxydants.
Med Nutr 2001; 37 (2) 53-58

ACCORD DES COAUTEURS ET PERMISSION DE L'EDITEUR

A) Déclaration des coauteurs

1. Identification de l'étudiant

Nom et prénom: ZAGRE Noël Marie
NUT 7900, PhD Nutrition

2. Description de l'article

ZAGRE NM, TARINI A. L'huile de palme rouge : au delà de la vitamine A, des antioxydants. Med Nutr 2001; 37 (2) 53-58

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

A titre de coauteur de l'article identifié ci dessus, je suis d'accord pour que Zagré Noël Marie incluse cet article dans sa thèse qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact".

Ann Tarini

Ann Tarini

10/07/2002

Coauteur

Signature

Date

B) Permission de l'éditeur

1. Identification de la revue

Médecine et Nutrition

Rédaction:

* Dr Monique Astier-Dumas

Centre Foch, 28 rue Godefroy-Cavaignac

75011 Paris

Tél et Fax: 33 1 43 73 87 60

E-mail: mad@wanadoo.fr

2. Identification de l'éditeur:

La Simarre-21

2, rue Joseph-Cugnot

37300 JOUE-LES-TOURS

Tél: 33 2 47 53 53 66

Fax: 33 2 47 67 45 05

e-mail: la-simarre@wanadoo.fr

3. Identification de l'article:

ZAGRE NM, TARINI A. L'huile de palme rouge : au delà de la vitamine A, des antioxydants. Med Nutr 2001; 37 (2) 53-58

L'étudiant Zagré Noël Marie est autorisé à inclure l'article ci dessus dans sa thèse de doctorat, qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact"

Editeur

Signature

Date

La Simarre

[Signature]

10.07.02



L'huile de palme non raffinée : au-delà de la lutte contre l'avitaminose A.

N.-M. ZAGRE* et A. TARINI

RÉSUMÉ

L'huile de palme rouge présente de nombreux atouts pour la lutte contre la carence en vitamine A ; elle est la meilleure source végétale de caroténoïdes ayant une forte activité vitaminique A. Plusieurs études ont démontré son efficacité pour la prévention de la carence et l'amélioration du statut en vitamine A dans les pays en développement. La nature saturée de l'huile de palme est parfois citée comme obstacle à sa promotion comme source de vitamine A. Or, sur la base d'études d'alimentation humaine et de données épidémiologiques, l'huile de palme a été reconnue sans effet hyper-cholestérolémiant et moins athérogénique que l'oléine de palme. De plus, le "Tocotrienol-Rich-Factor"

(TRF), extrait de l'huile de palme semble avoir des effets bénéfiques contre les maladies cardiovasculaires et certains cancers. Les caroténoïdes, principalement l'alpha-carotène, ont présenté également des qualités anti-carcinogènes. L'huile de palme jouerait sur les processus oxydatifs qui entrent dans la pathogenèse des maladies chroniques. Néanmoins, d'autres études appliquées sont nécessaires pour confirmer le potentiel de l'huile de palme pour la nutrition et la santé humaine.

Méd. Nut., 2001, 37, 2 : 53-58.

Mots-clés : Huile de palme - Vitamine A - Maladies chroniques.

ABSTRACT

Non refined palm oil : beyond its role for fighting vitamin A deficiency. - Red palm oil appears to be relevant for fighting vitamin

A deficiency; it has the highest provitamin A carotenoid content of the vegetable kingdom. Several studies showed its efficacy to prevent deficiency and

* UR de Nutrition Humaine, Institut de Recherches en Sciences de la Santé, 03 BP 7192, Ouagadougou.
Corr. : 3360, Edouard Monpetit, app. 15, H3T 1K5, MONTRÉAL, Québec, Canada. e-mail : nzagre@hotmail.com

improve vitamin A status in the developing countries. At the same time, one pointed out the saturated fatty acid content of red palm oil as an obstacle to its promotion. However, human food consumption and epidemiological studies involving palm oil demonstrated neither hypercholesterolemic nor atherogenic effect. Moreover, "Tocotrienol-Rich Factor" (TRF), which is extracted from palm oil seems to have beneficial effects against the cardiovascular diseases and some cancers. Carotenoids, specially alpha-carotene

developed anti-carcinogenic effects. Palm oil probably develops these effects through the oxydative pathways involved in the pathogenesis of chronic diseases. Nevertheless, additional applied studies are needed to confirm the potential of red palm oil for human nutrition and health.

Méd. Nut., 2001, 37, 2 : 53-58.

Key-words : *Palm oil - Vitamin A - Chronic diseases.*

INTRODUCTION

L'impact sur la nutrition humaine et la santé de la consommation de l'huile de palme fait l'objet d'une attention particulière ces dernières années. Il semble que la composition particulière de cette huile en acides gras, caroténoïdes, tocophérols et tocotriénols lui confère un potentiel plus qu'intéressant pour la prévention de l'avitaminose A, les maladies cardio-vasculaires et de certains cancers.

L'huile de palme est une huile qui provient du fruit du palmier à huile. Le palmier à huile, *Eleis guineensis*, est un arbre que l'on retrouve dans les régions équatoriales de l'Afrique, de l'Asie du Sud-Est et d'Amérique [1]. De toutes les plantes oléagineuses, le palmier à huile fournit le plus haut rendement. Il fournit 3 à 4 fois plus d'huile à l'hectare que l'arachide et le soja [2]. Le fruit du palmier à huile est une drupe dont l'enveloppe pulpeuse externe fournit l'huile de palme. La pulpe renferme 40 % à 55 % de son poids en huile. L'huile de palme non-raffinée, aussi appelée huile de palme rouge (HPR), est habituellement produite artisanalement par les femmes. Cette production artisanale de l'huile de palme en Afrique est longue, pénible et peu efficace ce qui fait que l'huile est souvent plus coûteuse que l'huile de palme raffinée produite industriellement. La méthode de production de l'HPR Burkina Faso a été décrite de façon détaillée par TARINI (1999) [3]. Les principales étapes de ce procédé sont : l'égrappage, le triage, la cuisson des drupes, le pilage, le barbotage des noix et tourteaux dans l'eau, la cuisson du mélange eau et

huile, le refroidissement, le décantage, une dernière cuisson pour assécher l'huile et finalement le conditionnement. Du fait qu'elle ne subit ni chauffage intense, ni raffinage, l'huile conserve ses pigments (caroténoïdes) qui lui donnent une couleur rouge et une saveur particulière. Les caroténoïdes sont normalement absents dans les huiles raffinées. Toutefois, une méthode industrielle qui préserve jusqu'à 80 % des caroténoïdes et l'essentiel de la vitamine E a été développée en Malaisie [4]. Cette technologie récente a pour avantage de produire une huile à durée de conservation plus grande et saveur moins forte, ce qui pourrait la rendre plus acceptable pour les populations qui n'en ont pas l'habitude.

Du point de vue de son profil en acides gras, l'HPR est essentiellement composée d'acide palmitique (acide gras saturé) et d'acide oléique (acide gras monoinsaturé) à des pourcentages plus ou moins équivalents. Sa teneur en acide oléique est similaire à celle de l'huile d'olive. La composition en acides gras de l'huile de palme brute selon différentes sources est donnée en pourcentage dans le tableau 1. Parmi les constituants mineurs de l'huile de palme, les caroténoïdes, tocophérols et tocotriénols sont les plus importants (tableau 2). En effet l'HPR est le produit végétal le plus riche en caroténoïdes. Les principaux caroténoïdes qu'on retrouve dans l'HPR sont le β -carotène et l'alpha-carotène présents à des proportions respectives de 47,4 % et 37 % des caroténoïdes totaux dans l'huile malaysienne [5]. D'autres caroténoïdes sont présents en plus faible proportion. Les valeurs des caroténoïdes totaux rapportées par les auteurs vont de 500 à 700 μg par g

Acides gras	% des acides gras totaux
Acide laurique (C12 :0)	0,2
Acide myristique (C14 :0)	1,1
Acide palmitique (C16 :0)	44
Acide palmitoléique (C16 :1)	0,1
Acide stéarique (C18 :0)	4,5
Acide oléique (C18 :1)	39,2
Acide linoléique (C18 :2)	10,1
Acide linoléénique (C18 :3)	0,4

Tableau 1 : Profil en acides gras de l'huile de palme malaysienne.

Caroténoïdes	Réf. [5]	Réf. [11] ¹
Caroténoïdes Totaux (µg/g)	630- 700	888,9
Caroténoïdes Pro-vitamine A (EBC/g) ²	488	723,9
Trans-beta Carotène (%)	47,4	64,8
Cis-beta Carotène (%)	0,8	NP
Trans-alpha Carotène (%)	37	33,3
Cis-alpha Carotène (%)	6,9	NP
Lycopène (%)	1,5	1,9
Lutéine + zeaxanthine (%)	NP	NP
β-cryptoxanthine (%)	NP	Traces
Tocophérols et Tocotriénols (µg/g)	600-1000	NP

NP = données non précisées. 1. Les caroténoïdes totaux ont été obtenus par sommation des teneurs des caroténoïdes présents; le pourcentage de chaque caroténoïde a été ensuite recalculé. 2. Exprimé en Equivalent β-Carotènes (EBC).

Tableau 2 : Teneurs en caroténoïdes d'HPR de différentes sources.

suivant les espèces, toutefois une teneur de 4 347 µg par g a été rapportée pour *Elaeis oleifera* d'Afrique du sud [6]. Les variétés croisées entre *E. guineensis* et *E. oleifera* présenteraient une teneur intermédiaire, de l'ordre de 1 200 à 1 400 µg par g. Des analyses faites sur des échantillons d'huile de palme artisanale produite au Burkina Faso et au Togo ont révélé des teneurs allant de 1 050,3 µg/g à 1 809 µg/g [7, 8]. Les tocophérols et des tocotriénols sont présents à des concentrations allant de 600 à 1 000 µg/g [9].

EFFICACITÉ DE L'HPR COMME SOURCE DE VITAMINE A

De nombreux travaux ont été consacrés à l'efficacité du β-carotène des aliments comme source de Vit. A. Aucune de ces études n'a été capable de

démontrer une efficacité réelle du β-carotène des aliments d'origine végétale dans l'élimination de la carence en VA, sauf celles portant sur l'huile de palme [12]. En effet, les études portant sur l'HPR tendent à démontrer que, compte tenu de sa concentration élevée et de sa matrice particulière, le β-carotène qu'elle contient a une activité vitaminique A plus importante et même suffisante pour être une arme non négligeable dans la lutte contre l'avitaminose A.

Dans une étude portant sur 24 enfants de 7 à 9 ans, RUKMINI (1994) [13] a mesuré le niveau du rétinol sérique et le niveau des réserves hépatiques, avant et après 60 jours de supplémentation en HPR et en rétinol (capsules). Les enfants avaient été répartis en 2 groupes, l'un recevant du rétinol et l'autre de l'HPR incorporée à une collation. Au bout des 60 jours de supplémentation une augmentation significative du rétinol sérique et des réserves hépatiques a été observée dans les deux groupes.

En Inde, 36 enfants de la même tranche d'âge (7-9 ans) ont été aléatoirement assignés dans trois groupes, pour un essai de 3 mois [14]. Le premier groupe (contrôle) recevait une mégadose de 50 000 UI de rétinol, une seule fois à J₀; à partir de ce même jour (J₀), le deuxième et le troisième groupe recevaient respectivement 4 g (25 000 UI de rétinol) et 8 g d'HPR (50 000 UI de rétinol) chaque jour pendant 15 jours.

Les analyses biochimiques réalisées chez ces enfants ont révélé que le rétinol sérique s'était amélioré de façon significative après 15 jours et ce, dans les 3 groupes. À la fin de la période de 3 mois, les niveaux de rétinol sérique étaient toujours plus élevés que les niveaux initiaux. Le niveau de rétinol sérique en fin de supplémentation (3 mois) était plus élevé dans le groupe ayant reçu 8 g de HPR (50 000 UI vit A) par jour pendant 15 jours que dans celui ayant reçu 4 g (25 000 UI vit. A). De surcroît, il a été trouvé que les enfants ayant reçu 8 g par jour maintenaient leur niveau de rétinol sérique trois mois après la fin de la supplémentation, et ce de façon équivalente aux enfants ayant reçu des doses massives de rétinol préformé.

Ces résultats suggèrent qu'il est possible d'utiliser l'HPR pour corriger une carence en vitamine A et même maintenir à un niveau adéquat les réserves hépatiques. Il reste à vérifier cette efficacité dans des conditions non-expérimentales.

RÔLE DANS LA PRÉVENTION DE CERTAINES MALADIES DÉGÉNÉRATIVES

Le contenu en antioxydants (caroténoïdes, les tocophérols et les tocotriénols) de l'HPR attire aussi l'attention. En effet, plusieurs auteurs confèrent à ces composés une action bénéfique probable contre l'apparition ou l'évolution de certaines affections chroniques, principalement les maladies cardio-vasculaires et les cancers. Du point de vue pathogénique, il est reconnu que les processus oxydatifs jouent un rôle important dans de nombreuses maladies chroniques. Les radicaux libres peuvent endommager des grosses molécules, dont l'ADN, des protéines et des lipides et ainsi contribuer à la carcinogenèse [15]. L'oxydation des LDL représente aussi une étape importante dans la pathogenèse de l'athérosclérose [16].

HUILE DE PALME ET CANCERS

Les études portant sur l'huile de palme sont encore peu nombreuses. En Côte-d'Ivoire, CLERC (1999) [17] a observé une prévalence du cancer du foie plus élevée dans les régions où la consommation en huile de palme était faible par rapport à la région où elle était grandement consommée. Selon lui, c'est parce que la consommation d'huile de palme fournit des antioxydants (vitamine A et E) qui pourraient compenser les effets néfastes du stress oxydatif occasionné par les affections telles que l'anémie, la malaria, le kwashiorkor et le SIDA, qui tout comme le cancer, sont associées à de faibles taux sanguins de vitamine A (rétinol), de vitamine E et de β -carotène. Cette hypothèse reste à vérifier mais tend à être confirmée par des études interventionnelles concernant l'huile de palme conduites sur des animaux. Par exemple, un régime contenant l'huile de palme, comparé à un régime iso-énergétique à base d'autres huiles, exerce un effet inhibiteur sur le développement et l'incidence du cancer du sein expérimentalement induit chez des rats [18, 19]. L'HPR alimentaire a également démontré des qualités antimutagéniques et anticarcinogéniques chez des souris [20]. L'activité antitumorale était proportionnelle à la dose d'HPR consommée. Plusieurs chercheurs ont testé le pouvoir anticarcinogène des différents antioxydants de l'HPR. Certaines études ont montré que les tocotriénols

des extraits de l'huile de palme peuvent empêcher la croissance des cellules cancéreuses *in vivo* [21], aussi bien qu'*in vitro* [22, 23]. Des échantillons de carotène extrait de l'huile de palme ont montré un effet inhibiteur sur un cancer de peau induit chez des souris et ont également réussi à bloquer la prolifération de cellules de tumeurs malignes humaines de la peau, de l'estomac et du pancréas *in vitro* [24]. Il semble toutefois que l'alpha-carotène ait une activité anti-carcinogène plus forte que le β -carotène. Dans une publication récente, NG *et al.* (2000) [25] ont rapporté que les caroténoïdes provenant de l'HPR pouvaient inhiber la croissance des cellules cancéreuses responsables du cancer du sein des humains. Toutefois, il y a des études qui ont eu des résultats contradictoires avec celles mentionnées plus haut. En effet, GOULD *et al.* (1991) [26] rapportent que ni la fraction riche en tocotriénols (TRF) et ni les carotènes de l'huile de palme n'ont eu les effets souhaitables sur la croissance tumorale mammaire chez des rats. Même si les études démontrant des effets anti-carcinogènes sont plus nombreuses, le doute subsiste et demande des études supplémentaires.

L'HUILE DE PALME ET LES MALADIES CARDIO-VASCULAIRES

Les études sur l'huile de palme, quoique peu nombreuses donnent des résultats plus cohérents. Comme la teneur en acides gras saturés de l'HPR est élevée (50 %), on pourrait s'attendre à un effet hypercholestérolémiant de cette huile. Pourtant, l'administration de régimes contenant différentes matières grasses, y compris un mélange de graisses se rapprochant de la consommation habituelle américaine à des hamsters, a montré que le régime enrichi en huile de palme induisait le niveau le plus élevé de HDL-cholestérol protecteur et la plus grande production de récepteurs LDL dans le foie : élément clef pour l'élimination du LDL-cholestérol (cholestérol nocif) du sang [27]. Des résultats semblables ont également été obtenus par MANORAMA et RUKMINI (1991) [28] ainsi que plus récemment par SATTAR *et al.* (1999) [29] toujours chez des rats. KRICHEVSKY, (1999) [30] a comparé l'impact de la consommation alimentaire d'huile de palme et d'oléine de palme sur l'artériosclérose induite

chez des lapins. Les lapins nourris avec l'huile de palme ont présenté une artériosclérose beaucoup moins sévère que ceux à qui on avait donné l'oléine. Dans une étude faite sur des rats, l'agrégation plaquettaire était plus faible chez ceux auxquels on avait donné un régime enrichi en huile de palme [31].

Les études d'alimentation humaine et les données épidémiologiques ont prouvé que l'huile de palme ou l'oléine de palme n'ont pas d'effet hypercholestérolémiant lorsqu'on les compare aux huiles d'olive, de canola ou d'arachide [32-34]. Dans plusieurs de ces études le cholestérol sanguin a été réduit par rapport à sa valeur initiale. La composition en acides gras peut être en cause; l'acide palmitique (16 :0) aurait un effet comparable à l'acide oléique (18 :1) sur le métabolisme du cholestérol [34-36]. Un équilibre entre les acides linoléique (18 :2) et palmitique (de 16 :0) semble favoriser un meilleur niveau de HDL [37].

Certains chercheurs ont testé les composants tocophérols et les tocotriénols de l'HPR. QURESHI *et al.* (1991) [38] ont administré un mélange de 50 mg de "tocotrienol-rich fraction" (TRF) extrait de l'HPR et de 250 mg d'huile de palme à 15 sujets hypercholestérolémiques pendant 4 semaines. Les sujets prenaient 4 capsules deux fois par jour. Dans cette étude, 40 sujets témoins prenaient des capsules d'huile de maïs. À la fin des 4 semaines, on observait une légère augmentation du taux de cholestérol dans le groupe contrôle (2 %) alors que dans le groupe testé on observait une diminution de 20 %. Le LDL-cholestérol est resté stable dans le groupe contrôle alors qu'il a diminué de 27 % dans le groupe d'intervention. Une légère diminution des triglycérides et de l'agrégation plaquettaire a aussi été observée dans le groupe d'essai. TAN *et al.* (1991) [39] ont également trouvé un effet bénéfique significatif d'une préparation de TRF sur le cholestérol sanguin de femmes et d'hommes. Toutefois, dans une autre étude d'administration de TRF à 44 sujets hypercholestérolémiques (23 hommes et 21 femmes) pendant 16 semaines, aucun changement significatif n'a été observé tant au niveau des lipides sanguins qu'au niveau de l'agrégation plaquettaire [40].

Un autre point en faveur de l'huile de palme en ce qui concerne les maladies cardio-vasculaires est son point de fusion. Dans plusieurs produits industriels on utilise les huiles hydrogénées qui contiennent des acides gras trans, lesquels constituent une source d'inquiétude et de controverse en raison de leurs effets néfastes sur le cholestérol sanguin. Étant donné que l'huile de palme a une densité à 40°C de 0,895 à 0,900 et un point de fusion variant entre 27°C et 45°C [41], elle n'a pas besoin d'hydrogénation et peut ainsi remplacer les huiles végétales hydrogénées contenues dans plusieurs produits industriels. Elle possède donc les caractéristiques nécessaires sans les inconvénients.

CONCLUSION

L'huile de palme rouge est un aliment qui présente un intérêt grandissant pour la nutrition humaine. Il a été démontré que l'HPR pouvait améliorer la rétinolémie des populations ayant un statut marginal en vitamine A, ce qui fait d'elle un aliment potentiellement utile pour remplacer les capsules de vitamine A dans la lutte contre l'avitaminose A. De plus, elle a été reconnue comme n'ayant pas d'effet hyper-cholestérolémiant et étant moins athérogénique que l'oléine de palme. Son contenu unique en tocophérols et tocotriénols est d'un grand intérêt puisque le "tocotrienol-rich factor" (TRF) extrait de l'huile de palme a démontré des effets généralement bénéfiques contre les maladies cardio-vasculaires et certains cancers.

Les caroténoïdes, principalement l'alpha-carotène de l'huile de palme, ont présenté également des qualités anti-carcinogènes. Plus d'études appliquées sont maintenant nécessaires pour confirmer le potentiel de l'huile de palme pour la nutrition et la santé humaine. Si la tendance se confirme, cette huile sera d'autant plus intéressante à promouvoir qu'elle présente pour bon nombre de consommateurs des qualités organoleptiques très recherchées et qu'elle s'inscrit dans la tendance mondiale au retour à une alimentation moins raffinée.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ASIEDU J.-J. - *La transformation des produits agricoles en zone tropicale. Approche technologique*. Éd. Karthala, 1991, 218-244.
2. JAMBA A. - *Fabrication artisanale de l'huile de palme à l'I.N.R.A.F.* Institut de recherche agronomique de Foulaya-Kindia, Foulaya, Guinée, 1982.
3. TARINI A. - *Étude sur la production artisanale de l'huile de palme par les femmes au Burkina Faso*. Rapport d'étude, 1999, 40.
4. CHOO Y.M. *et al.* - Production and applications of deacidified and deodorised red palm oil. *Palm Oil Developments*, 1993a, 19, 30-34.
5. CHOO Y.M., MA A.N., BASIRON Y. - Red palm oil : a potential source of dietary caroten. *Malaysian Oil Science and Technology*, 1993b, 2, 54-55.
6. ONG ASH, TEE ES - Natural sources of carotenoids from plants and oils. In : Packer L., ed. *Methods in enzymology* : vol 213. *Carotenoids*. San Diego, Calif, USA : Academic Press, 1992, 142-167.
7. ZAGRE N. - Communication personnelle, 1999.
8. GEVRY G. - Communication personnelle, 1999.
9. CHOO Y.M. - Antioxidants in red palm oil. *Malaysian Oil science and technology*, 1996, 5, 15-16.
10. TAN B.K., OH F.C.H. - Malaysian palm oil chemical and physical characteristics. *PORIM Technology*, 1981, 3.
11. WEST C.E. POORLIET E.J. - The carotenoid content of foods with special reference to developing countries. Eds. *Vitamin A field support project (VITAL)*, Wageningen, 1993, 209.
12. de PEE S., WEST C.E. - Dietary carotenoids and their role in combatting VAD : a review of the literature. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 1996, 50 (Suppl. 3), S38-S53.
13. RUKMINI C. - Red palm oil to combat vitamin A deficiency in developing countries. *Food Nutr. Bull.*, 1994, 15, 126-129.
14. MAHAPATRA S. and MANORAMA R. - The protective effect of red palm oil in comparison with massive vitamin A dose in combating vitamin A deficiency in Orissa, India. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 1997, 6 (4), 246-250.
15. SIES H., STAHL W. - Vitamin E and C, beta carotene and other carotenoids as antioxydants. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1995, 62, 1315S-1321S.
16. STEINBERG D. - Antioxydants in the prevention of human atherosclerosis. Summary of the proceedings of a National Heart, Lung and Blood Institute Workshop; september 5-6, 1991, Bethesda, Maryland. *Circulation*, 1992, 85, 2337-2344; (In : CHRISTEN G. *et al.*, Beta carotene supplementation : a good thing, a bad thing or nothing? Current opinion in *Lipidology*, 1999, 10, 29-33.
17. CLERC M. - Antioxydant and/or free radical scavenger vitamins in tropical medicine. *Bull. Acad. Natl. Med.*, 1992, 176(9), 1393-1406.
18. SYLVESTER P.W. *et al.* - Comparative effects of different animal and vegetable fats fed before and during carcinogen administration on mammary tumorigenesis, sexual maturation and endocrine function in rats. *Cancer Res.*, 1986, 46, 757-762.
19. SUNDRAM K. - Effect of dietary palm oils on mammary carcinogenesis in female rats induced by 7,12- dimethylbenz (a) anthracene. *Cancer Res.*, 1989, 49, 1447-1451.
20. AZUINE M.A., GOSWAMI U.C., KAYAL J.J., BHSIDE S.V. - Antimutagenic and anticarcinogenic effects of carotenoids and dietary palm oil. *Nutr. Cancer*, 1992, 17(3), 287-295.
21. YAP S.C. *et al.* - Oxidative susceptibility of low density lipoprotein from rabbits fed atherogenic diets containing coconut, palm, or soybean oils. *Lipids*, 1995, 30(12), 1145-1150.
22. GOH S.H. *et al.* - Inhibition of tumor promotion by various palm oil tocotrienols. *Int. J. Cancer*, 1994, 57, 529-531.
23. GUTHRIE N., GAPOR A., CHAMBERS A.F., CARROLL K.K. - Inhibition of proliferation of estrogen receptor-negative MDA-MB-435 and -positive MCF-7 human breast cancer cells by palm oil tocotrienols and tamoxifen, alone and in combination. *J. Nutr.*, 1997, 127(3), 544S-548S.
24. NISHINO H. *et al.* - Anticarcinogenesis activity of natural carotenes. *C.R. Seances Soc. Biol. Fil.*, 1989, 183 (1), 85-89.
25. NG J.H. *et al.* - 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 lines. *Int. J. Cancer*, 2000, 88 (1), 135-138.
26. GOULD M.N. *et al.* - A comparison of tocopherol and tocotrienol for the chemoprevention of chemically induced rat mammary tumors. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991, 53, 1068S-1070S.
27. LINDSEY S. *et al.* - Dietary palmitic acid (16 :0) enhances HDL cholesterol and LDL receptor RNA abundance in hamsters. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 1990, 195, 261-269.
28. MANORAMA R., RUKMINI C. - Nutritional evaluation of crude palm oil in rats. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991, 53(4 Suppl.), 1031S-1033S.
29. SATTAR *et al.* - Plasma/liver lipids and lipoproteins in rats fed on red palm oil and other oil and fats. In : PUSHPARAJAH E., RAJAGURAI M. *Proceedings of the International Conference on Palm Oil Product Technology in the Eighties*. Kuala Lumpur, Malaysia : PORIM, 1981, 145-156.
30. KRITCHEVSKY D., TEPPER S.A., KUKSIS A. - Effects of palm oil, randomized palm oil on experimental atherosclerosis. *FASEB J.*, 1999, 13, A213.
31. HORNSTRA G. - Dietary lipids and cardiovascular disease. Effects of palm oil. *Oleagineux*, 1988, 43, 75-81.
32. NG T.K.W. *et al.* - Non-hypercholesterolemic effects of a palm oil diet in Malaysian volunteers. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991, 53, 1015S-1020S.
33. NG T.K.W. *et al.* - Palmitic and oleic acid exert similar effects on serum lipid profile in normocholesterolemic humans. *J. Am. Coll. Nutr.*, 1992, 11, 383-390.
34. WOOD R. *et al.* - Effect of palm oil, margarine, butter and sunflower oil on the serum lipids and lipoproteins of normocholesterolemic middle-aged men. *J. Nutr. Biochem.*, 1993, 4, 286-297.
35. HAYES K.C., PRONCZUK A. and KHOSLA P.A. - Rationale for plasma cholesterol modulation by dietary fatty acids : Modelling the human response in animals. *J. Nutr. Biochem.*, 1995, 6, 188-194.
36. CHOUDHURY N., TAN L., TRUSWELL A.S. - Comparison of palm olein and olive oil : Effects on plasma lipids and Vitamin E in young adults. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1995, 61, 1043-1051.
37. SUNDRAM K., HAYES K.C. and SIRU O.H. - Both dietary 18 : 2 and 16 : 0 may be required to improve the serum LDL/HDL cholesterol ratio in normocholesterolemic men. *J. Nutr. Biochem.*, 1995, 6, 179-187.
38. QURESHI *et al.* - Lowering of serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by tocotrienols (palmvitee). *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991, 53(4 Suppl.), 1021S-1026S.
39. TAN D.S.T. *et al.* - Effect of a palm-oil-vitamin E concentrate on the serum and lipoprotein lipids in humans. *Am. J. Clin. Nutr.*, 1991, 53, 1027S-1030S.
40. WAHLQVIST M.L. *et al.* - Differential serum response of tocopherols and tocotrienols during vitamin supplementation of hypercholesterolemic individuals without changes in coronary risk factors. *Nutr. Res.*, 1992, 12, S181-S201.
41. DENISE J. - Raffinage des corps gras. In : KARLESKIND A. et WOLFF J.P., *Manuel des corps gras*, Éd. Lavoisier, Paris, 1992, 789-881.

Annexe 2

Delisle H, Zagré N, Ouedraogo V. Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A : A pilot project involving women's groups. Food Nut Bull 2001; 22:388-94

ACCORD DES COAUTEURS ET PERMISSION DE L'EDITEUR

A) Déclaration des coauteurs

1. Identification de l'étudiant

Nom et prénoms: ZAGRE Noël Marie
NUT 7900, PhD Nutrition

2. Description de l'article

Delisle H, Zagre N, Ouédraogo V. Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A: A pilot project involving women's groups. Food Nut Bull 2001; 22:388-94

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

A titre de coauteur de l'article identifié ci dessus, je suis d'accord pour que Zagre Noël Marie inclue cet article dans sa thèse qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact".

Hélène Delisle

Coeuteur

Virginie Ouédraogo

Coeuteur

Signature

Signature

Date

Date

B) Permission de l'éditeur

1. Identification de la revue

Food and Nutrition Bulletin
Charles Street Sta., P.O. Box 500
Boston, MA 02114-0500, USA
Tel (617) 227-8747
FAX (617) 227-9405

2. Identification de l'éditeur:

United Nations University Press
The United Nations University
53-70 Jingumae 5-chome, Shibuya-ku,
Tokyo, Japan

Tel (03)3499-2811; Fax: (03) 3406-7345

3. Identification de l'article:

Delisle H, Zagre N, Ouédraogo V. Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A: A pilot project involving women's groups. Food Nut Bull 2001; 22:388-94

L'étudiant Zagre Noël Marie est autorisé à inclure l'article ci dessus dans sa thèse de doctorat, qui a pour titre "Projet pilote d'introduction d'huile de palme non raffinée comme source de vitamine A au Burkina Faso: évaluation de l'impact"

Edwina B. Murray

Editeur

Signature

Date

July 22, 2002

Marketing of red palm oil as a food source of vitamin A in Burkina Faso: A pilot project involving women's groups

Hélène Delisle, Noël Zagré, and Virginie Ouedraogo

Abstract

Consumption of red palm oil for its provitamin A activity could extend to nonproducing areas of Africa. To assess the impact of red palm oil introduction, vitamin A status was measured in a random sample of mother-child pairs in the pilot areas. This paper describes the marketing approach, the evaluation design, and results after one year. Red palm oil purchased in southern Burkina Faso is retailed in the north-central pilot area by women's groups. At onset, serum retinol was low in 66% of children and 43% of mothers. After one year, 94% of mothers reported liking red palm oil, 71% had purchased it, and 32% had consumed some in the last week. The rates of risk of inadequate vitamin A intake declined by one-third. Prior to scaling-up, the main challenges ahead are positioning red palm oil as a food supplement rather than a cooking oil, and determining whether the increased demand can be met by local production without undue pressure on prices.

Introduction

Vitamin A deficiency is a major nutritional problem in most of Sahelian Africa [1, 2], owing primarily to the scarcity of vitamin A-containing foods at least for part of the year. Furthermore, the bioavailability of provitamin A carotenoids from available food sources may be limited. In Niger, for instance, we found that dark-green leafy vegetables provided up to 86% of the dietary vitamin A of preschool-age children [3]. According to recent findings, green-leaf carotenoids are much less bioavailable than previously assumed, and their conversion ratio to retinol may be as low as 26:1

[4], depending in part on the method of preparation. The ratios are higher in other fruits and vegetables (approximately 12:1), although still lower than the conventional 6:1 for β -carotene irrespective of the source. Although supplementation with high-dosage vitamin A capsules is an effective control measure in the short term, food-based approaches are needed for long-term prevention of vitamin A deficiency [5]. Red palm oil is produced in parts of Africa. It is the richest plant source of vitamin A activity, and the carotenoids of red palm oil are of high bioavailability, with a reported bioconversion ratio of 6:1 [4]. Many trials have shown the efficacy of red palm oil as a vitamin A source.

In India, for instance, red palm oil incorporated in a sweet improved the vitamin A status of schoolchildren, and a daily intake of 8 g proved as effective as a single high-dosage capsule, after three months [6, 7]. Red palm oil-fortified cassava flour was also shown to improve the vitamin A status of preschoolers in Tanzania [8], and red palm oil-fortified biscuits were successfully introduced among schoolchildren in South Africa [9]. Red palm oil has been reported to be effective in sustaining or improving the vitamin A status of pregnant women in Tanzania [10] and of lactating women in Honduras [11]. Red palm oil is usually consumed only in zones of production, but it can be introduced effectively in other areas as well, as the above studies suggest.

In India, Narasinga Rao [12] showed that a cooking oil blend containing 6% to 12% red palm oil was well accepted by women. However, acceptability goes beyond taste trials, and as underlined in a recent review [13], there are still information gaps on the feasibility of dietary approaches to improve vitamin A nutrition. Furthermore, red palm oil will be effective only if it is demonstrated that the population to which it is introduced is willing to purchase and use it on a regular basis. This was the thrust of a pilot project in Burkina Faso, where red palm oil is produced and consumed only in the southern part of the country. This provided a unique opportunity to

Hélène Delisle is affiliated with the Department of Nutrition, Université de Montréal, in Montréal, Canada. Noël Zagré is affiliated with the Health Science Research Institute in Burkina Faso. Virginie Ouedraogo is the Project Coordinator for the Home Economists Association of Burkina Faso.

introduce an indigenous provitamin A-rich product into nonconsuming communities in the northern section of the country where dietary vitamin A intakes are low.

The objectives of a 30-month pilot project were to assess the feasibility of introducing red palm oil in nonconsuming areas, and its effectiveness. Feasibility refers to the acceptability of red palm oil as a food supplement for women and preschool-age children, in terms of taste and price, and supplying it from the red palm oil production area of Burkina Faso. To assess effectiveness, the impact of red palm oil introduction on vitamin A status was measured in a random sample of mother-child pairs in the pilot areas. This paper describes the marketing approach, evaluation design, and results after one year.

Methods

Project activities pertain to the promotion of red palm oil in the selected area of Burkina Faso, collection of red palm oil in the production zone of the country and its commercial distribution in the pilot area, and monitoring and evaluation.

Promotion of red palm oil in the pilot area

The pilot area consisted of 10 villages and one city district in the Kaya region of Sanmatenga Province, east-central Burkina Faso. The primary target population was around 10,000 women of childbearing age and children under five years of age. In addition to size, the criteria for selecting the pilot area included evidence of a vitamin A deficiency problem, but no structural food shortage, because in such a case food security would have to be the priority issue; home economists already active in the zone to take on project activities; and accessibility of the area in all seasons to allow for project supervision and monitoring. The pilot zone corresponded to a health district, which facilitated collaboration with the health sector, even though the project was housed in the agriculture service.

Social marketing [14] was the main approach for promoting red palm oil, using both the media and person-to-person communication. The formative phase included focus groups with home economists from the area and with village women in order to identify predisposing, enabling, and facilitating factors to adopting red palm oil, according to the PRECEDE (predisposing, reinforcing, and enabling constructs in educational/environmental diagnosis and evaluation) model of educational diagnosis [15]. A baseline study was carried out in a population subsample, and the findings on vitamin A-related knowledge, attitudes, and practices (KAP) were incorporated into the social-

marketing plan. Eleven home economists (animatrices) and a few other extension workers already involved in the pilot area were given a one-week training workshop on social-marketing techniques as applied to the project prior to the initiation of red palm oil promotional activities. Educational messages were developed and tested with women of the pilot area before being disseminated. An additional three days of training was given after six months of field activities.

Red palm oil was promoted as an individual food supplement for vitamin A rather than as a cooking or seasoning oil. The rationale for this market positioning is that red palm oil should not compete with, nor be a substitute for, groundnut oil and shea butter, which are traditional and commonly used fats in the pilot area but that are devoid of vitamin A activity. Red palm oil is more expensive than these other sources of fat, but since only small amounts are required owing to its high concentration of provitamin A, it should not be regarded as expensive. Furthermore, we wished to avoid red palm oil being "burned" when used in cooking, which destroys most of the vitamin A activity [16].

Following the official red palm oil launch day with formal speeches, free sample distribution, and media coverage, several promotional activities have been ongoing since August 1999. These include group talks using posters and flip-charts, food demonstrations and tasting of family and complementary foods with red palm oil added just before eating, radio spots, short sketches and a show program, intervillage contests, and soon to come, theatre plays using older schoolchildren. Examples of radio spots that were aired in the pilot area many times a day for a period of four months are "Palm oil from Burkina, red for vitamin A" and "It is simple, one spoonful of red palm oil for your baby, two for you." Home economists periodically combined their promotional activities with those of health workers, including growth-monitoring at the village level. They recently took part in the national immunization days, disseminating their red palm oil messages along with the distribution of vitamin A capsules and polio vaccinations in pilot project sites. The key messages are that red palm oil is red because it contains vitamin A, like the capsules; it is always there for use by women and all young children; it comes from Burkina Faso; and its price is reasonable, as only small amounts are needed.

Collection and commercial retailing of red palm oil

The feasibility study suggested that local red palm oil production could meet the new demand created by the project, and during this first project phase, there was no special effort to increase red palm oil production or to support and strengthen women's groups involved in this activity. Red palm oil was collected by the project

in two villages in the southwestern part of the country, where the oil is traditionally produced by women. It was purchased at a fixed price from women who use a process compatible with good quality red palm oil. It has not been possible, contrary to initial plans, to subcontract to a single women's group for collection and transportation of the oil to the city of Kaya, the central point of the pilot area.

The oil is stored in Kaya and dispatched to women who sell it in the pilot zones. Retailers and members of village committees were created to manage and supervise sales after being trained in red palm oil handling, hygiene, and sales management. Village committee members were selected by the community and included both men and women. Committees are responsible for paying back the cost of oil purchased on credit from the project and for returning to retailers their profit margin (about 8%). The oil is retailed in quantities varying from 15 ml to 1 L in nontransparent glass or plastic containers for better retention of vitamin A activity. The most common quantity is the 125-cc plastic bottle. The price is US\$0.013 per day (for 10 ml, the average advocated supplement), although there are small economies of scale. Currently the retail price is subsidized, as it only partly covers the transportation and marketing costs.

A sampling and analysis protocol was developed to assess and control the quality of the traditional red palm oil retailed in the project. Samples were collected at production sites and after storage for up to two months or at retail sites. The oil appears to be of good quality, according to physical, chemical, and bacteriological tests, for at least two months after production. The moisture content is low (0.4%), the foreign material content is also very low, and the acidity and peroxide indices are well below the respective quality cutoff points of 7% and 5%, as used in other red palm oil-consuming areas [17]. Aflatoxin was not detected, and total bacteria and coliform counts were low, although some human contamination may occur at the retail level, as coliforms were detected in one site after four weeks of handling the oil. This underlines the importance of regular monitoring of hygiene conditions. Samples that have been stored or offered at retail for various lengths of time are being analyzed for vitamin A activity by high-performance liquid chromatography (HPLC) in a laboratory of the Faculty of Sciences of the University of Burkina Faso. This HPLC unit is being strengthened by the project, with the aim of providing a self-sustaining laboratory service for vitamin A analyses of foods and biological samples to projects and programs at the subregional level. According to preliminary analyses of only a few red palm oil samples after three months of storage, the vitamin A activity was approximately 100 $\mu\text{g RE/g}$, which appears slightly lower than published data [18]. Further analyses will clarify baseline levels and vari-

ance, as well as retention rate according to storage time and conditions.

Evaluation design

To evaluate the impact of the project, the baseline study was repeated after 12 and 24 months with the same sample of mother-child pairs. Seasonality effects were controlled by conducting all three surveys at the same time of year. The principal assessment variables are knowledge, attitudes, and practices (KAP) of mothers, intake of vitamin A-containing foods by mothers and children, and their serum retinol concentrations. The sample of 210 mother-child pairs was randomly selected from the target population in the only urban district of the pilot area and in 6 out of the 10 villages with a population of 1,000 or more. The sample size was determined based on vitamin A intake estimates, since this variable calls for a larger sample than serum retinol to demonstrate a significant change, owing to a higher variance. Mean vitamin A intake was estimated at 300 $\mu\text{g RE/day}$ with a 50% variation, based on prior studies among preschoolers in Niger [19]. For an α error of 0.05 and a statistical power of 0.90, the required sample size for a mean dietary increment of 100 $\mu\text{g RE}$ to be significant was 200 subjects. The sample was increased to 210 to give a margin of safety. In each of the seven sampling sites, 30 mother-child pairs were randomly selected among households having a child in the 12- to 36 month-range at the onset of the study, based on household census and personal verification. Mothers gave their informed consent prior to joining the study.

The baseline and two subsequent surveys included the same variables, except that only two serum samples were collected from mothers and children for vitamin A status assessment: one at baseline and one 24 months later. Maternal interviews were conducted by one of the researchers assisted by trained women enumerators. The KAP component of the study focused on mothers' knowledge of night-blindness, its causes, treatment, and prevention, and their knowledge, like or dislike, and use of red palm oil. They were also questioned on whether they or their children had taken vitamin A capsules. The vitamin A food-frequency questionnaire was administered to mothers, who were asked to recall their consumption and that of the target child.

A list of locally consumed vitamin A sources, with average serving sizes for children and mothers expressed in local measures, was constructed in the course of preliminary work for the study in three intervention sites. Sets of cups, bowls, and spoons were used to assist maternal recall. For vegetable sources of vitamin A, the recall went back for one week, whereas in the case of animal foods, the mothers were asked about the frequency and size of servings over the previous month, since such foods are infrequently eaten.

This approach was deemed desirable in our study on the validation of the food-frequency questionnaire in Niger, which showed that consumption of animal food was incompletely captured in the weekly recall [19].

Blood specimens were collected in vacutainer tubes, allowed to clot, and centrifuged. The supernatant sera were kept in ice until they were transferred within 24 hours to a freezer and kept at -18°C until analysis. Serum retinol was measured by HPLC according to standard procedures at the laboratory of the Faculty of Sciences, University of Ouagadougou.

A cross-sectional study among lactating women is also being conducted in order to assess the rate of red palm oil adoption after 18 months in this target group, and to examine the relationship of red palm oil intake to maternal serum and milk retinol and carotenoids. The study involves approximately 100 mothers breast-feeding children aged one to nine months.

Project outputs and results after one year

Mothers' knowledge, attitudes, and practices

More than 2,000 persons took part in talks, food demonstrations, and tasting of red palm oil over the first 12 months of project activities. The one-hour radio show on the project, which was taped in one of the intervention villages, was replayed four times over a two-month period in the pilot area. Over a four-month period, two radio spots and one sketch on red palm oil were aired several times a day. Not only women, but also men, were reached by media and community-level social-marketing activities. Maternal awareness of red palm oil and project activities, as well as vitamin A-related knowledge, improved after one year of project operation. As seen in figure 1, all respondent mothers knew red palm oil by then, compared with 75% at the onset of the project one

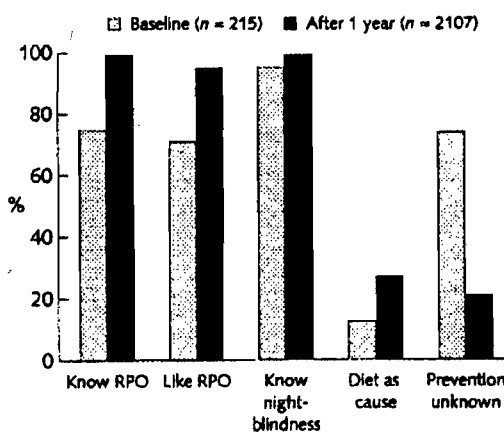


FIG. 1. Maternal knowledge and attitude change

year earlier. The taste is well liked, with acceptance reaching 95%. All women knew about night-blindness by the end of one year, and it is noteworthy that only 2 cases were reported, compared with 35 the previous year. A low 27% identified a faulty diet as a cause of night-blindness, but only 13% had done so in the first survey. *Sabga*, an undefined illness condition, remains the most frequent cause given, with more than 40% of respondents stating it in both surveys. In spite of educational endeavors, 21% still could not mention any correct means of prevention of night-blindness, although this percentage was down from 74% one year before.

As table 1 shows, 63% of respondent mothers were aware of red palm oil promotional activities. Talks or food demonstrations were mentioned more often than radio spots or programs, which suggests that women may not be frequent radio listeners. Other indices of red palm oil awareness are that 96% knew who sold the oil in their community and that 90% reportedly talked about the oil around them. It is also seen that 72% reported purchasing red palm oil at least once since the first survey, and 32% of mothers and children had consumed some in the last week. The average portion size was 12.5 g for children and 26 g for women who reported using red palm oil during the last week. However, these figures may overestimate the impact, since women belonging to the survey sample knew ahead of time when they would be interviewed

TABLE 1. Response of mothers after 12 months of promotion of red palm oil (RPO)

Attitudes and practices	% of mothers (N = 207)
Aware of promotional activities	63.1
Talks	92.3
Food demonstrations	65.4
Radio	31.5
Know who retails RPO in village	95.6
Talked about RPO	90.1
Purchased RPO at least once	71.5
Would like to buy more...but:	98.7
Too expensive	69.5
Cannot find it	16.9
Do not like it	13.6
How RPO used	
Added to child's individual dish	20.8
Added to own individual dish	11.0
Added to children's common bowl	71.2
Added to household common bowl	81.2
Used in cooking	7.1
Consumed RPO during last week	
Average portion size: 26 g	31.5
Gave RPO to child during last week	
Average portion size: 12.5 g	31.6

again. In the first 12 months, the total sales volume of red palm oil amounted to 1,210 L, which represents approximately 120 cc per targeted individual (mothers and under-five children), that is, roughly 7% of the target of 5 cc per person per day. However, the project is only one year old, and the adoption rate is expected to keep growing. Reported constraints to purchases were the high price of red palm oil (69%) and problems of supply (17%), rather than dislike of the taste (14%). The project recommends that red palm oil be added to individual plates of children and mothers prior to eating, rather than to the common household bowl, or else used for cooking. As seen in table 1, 71% of mothers added red palm oil to the children's common bowl, but only a small proportion (11%) added it to their own individual plates. It seems that adding it to the common household bowl is the most common practice.

Vitamin A Intake and status of mothers and children

The mean and median vitamin A intakes of mothers and children at baseline and 12 months later are given in table 2. Nearly all vitamin A is in the provitamin form and even more so for mothers, who eat less liver than their children. Mother's total vitamin A intake doubled between baseline and the second survey, and it more than trebled in children. By then red palm oil provided 36% and 46% of total vitamin A for children and mothers, respectively, in survey 2. Liver and egg consumption also increased between the two surveys.

At baseline, 83% of the mothers and 88% of the children were at high risk of inadequate vitamin A intake;* the respective rates were 38% and 49% one year later. These figures are based on vitamin A intakes computed by using the conventional conversion factors

* Less than 62.5% of the safe level of intake, which is roughly the mean requirement, since the safe level of intake is set 2 SD above mean requirement, with a 20% coefficient of variation.

of 6:1 in the case of β -carotene and 12:1 for other carotenoids. Based on several studies, de Pee et al. [4] proposed differential conversion factors, with 26:1 for poorly utilized green-leaf carotenoids, 12:1 for other vegetables and fruits, and 6:1 for red palm oil. When these figures are used, a different picture emerges, with still lower vitamin A intakes at baseline and a more dramatic improvement with consumption of red palm oil. As seen in figure 2, the mean maternal vitamin A intake went from 133 μ g RE at baseline to 568 RE one year later, whereas in children it was only 64 RE at baseline and reached 347 μ g RE one year later. With these conversion factors, nearly all mothers (98%) and children (99%) were at a high risk for inadequate vitamin A intake at baseline, compared with 62% of children and 63% of mothers one year later. The change was due primarily to consumption of red palm oil, which increased mean vitamin A intakes fivefold. However, skewing is high owing to red palm oil, and indeed, in survey 2 the median vitamin A intakes were roughly half the mean intakes.

Vitamin A intake data are best interpreted together with vitamin A status data. Preliminary results of baseline serum retinol concentrations are available, but additional data will come only after the final survey, since blood samples were not collected at midterm.

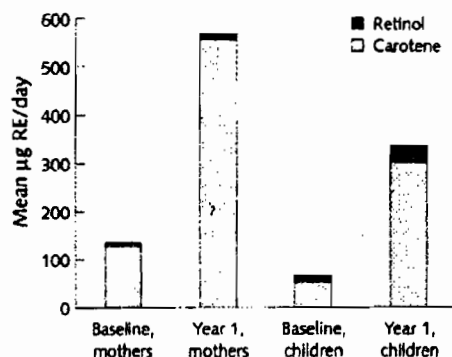


FIG. 2. Vitamin A intakes using revised conversion factors [4]

TABLE 2. Mean \pm SD (median) vitamin A intake of mothers and children at baseline and 12 months later

Intake	Baseline (T_0)		1 year (T_{0+12m})	
	Mothers (N = 212)	Children (N = 210)	Mothers (N = 203)	Children (N = 196)
Total vitamin A (μ g RE/day)	302 \pm 235 (252)	138 \pm 106 (111)	801 \pm 913 (426)	510 \pm 493 (326)
Retinol (μ g RE/day) ^a	6 \pm 22 (0)	13 \pm 26 (0)	11 \pm 23 (0)	46 \pm 79 (19)
Provitamin A (μ g RE/day)	295 \pm 231 (245)	125 \pm 103 (101)	790 \pm 910 (408)	465 \pm 463 (299)
% below 62.5% of safe intake level	82.9	87.6	49.3	37.7

a. Conventional β -carotene:retinol conversion factor of 6:1.

The mean serum retinol levels at baseline were $0.75 \pm 0.55 \mu\text{mol/dl}$ in children and $0.90 \pm 0.49 \mu\text{mol/dl}$ in mothers (partial results only). Two-thirds of children and 43% of mothers had low serum retinol concentrations ($<0.7 \mu\text{mol/dl}$). Although the findings are only preliminary, they confirm that the vitamin A problem is serious in the area. It should be noted that the blood samples were collected seven months after vitamin A capsule distribution coupled with the national polio immunization campaign, with a coverage rate above 90% among under-five children. This is further evidence of the dire need for a mix of food-based approaches for the sustainable prevention of vitamin A malnutrition in Sahelian zones such as that covered in the pilot project.

Conclusions and challenges ahead

The progress of the pilot project after one year of operation looks promising as regards the feasibility and impact of red palm oil introduction in nonconsuming areas of Burkina Faso. Red palm oil was deemed particularly useful because of the high bioavailability of its provitamin A carotenoids and because it is produced in Burkina Faso. There still are challenges to meet and questions to answer. For instance, the project has not been totally successful in positioning red palm oil as an individual food supplement for mothers and children, rather than as seasoning oil for the whole family. The attempt will be pursued, since it is felt that if red palm oil is perceived as an alternative for other fats and oils, it will tend to be used as a substitute only when the price is lower, which is unlikely once its selling price is no longer subsidized. Using red palm oil for the whole family increases its cost owing to the amount required, and it dilutes the benefits because some family members may not need a vitamin A supplement.

The KAP study conducted 12 months after baseline showed some improvement in relevant knowledge of the mothers, but it also emphasized the need for continued educational efforts. For instance, only a small proportion of mothers were able to state that certain foods, or even a better diet, could protect from night-blindness. Promotion of red palm oil using social-marketing strategies has raised awareness of the

product, and close to one-third of sampled mothers had consumed the oil and given some to the target child during the previous week. This rate has to keep rising to reach the minimum objective of 50% regular consumption of red palm oil, at least weekly, among women and under-five year old children in another year. Other dietary means of improving vitamin A intake should also be defined with women themselves and implemented, as initially planned; red palm oil cannot be the sole solution. The ongoing studies on red palm oil quality according to storage time may indicate a limited shelf life after production for optimal taste and vitamin A activity. Efforts at combining red palm oil promotion by home economists with health-sector activities have been fruitful, in particular, combining village-level communication about the oil with distribution of vitamin A capsules during the polio vaccination campaigns. Further integration with routine health-care activities such as child growth-monitoring and promotion needs to be pursued.

Scaling-up is already foreseen in a second project phase, since this is all too often the stumbling block of dietary diversification strategies for micronutrients. Introduction of red palm oil into school lunch programs, expansion of marketing and distribution of the oil to the whole Sahelian area of the country with routine selling in local markets by formal retailers, and technical and marketing support for groups of women who process the oil are among the planned strategies for expansion. The extent of scaling-up will depend upon the final results of the pilot phase, as well as upon the conclusions of an upcoming study on red palm oil production and markets. A key issue is whether the production potential is adequate to meet the increased demand for the oil without undue price changes.

Acknowledgments

We express our gratitude to the village women who participated in the activities, to the project personnel in Burkina Faso, and to the Micronutrient Initiative for financial support. We also thank the following graduate students for their major input: Patrick Codjia, Stephanie Elger, David Houeto, Jean-Baptiste Mabonzo, Flore Moutoula, and Ann Tarini.

References

1. MI/USAID. Conférence d'Afrique de l'Ouest sur les carences en vitamine A, Ghana, 9-11 août 1993. Washington, DC: USAID, 1994.
2. Delisle H, Bakari S, Gevry G, Picard C, Ferland G. Teneur en provitamine A de feuilles vertes traditionnelles du Niger. *Cah Études & Rech Francoph/ Agricultures* 1997;6:553-60.
3. Delisle H, Bakari S. Green leaves are the main source of vitamin A for children in some areas of Niger. XVII Meeting of the International Vitamin A Consultative Group (IVACG), Guatemala City, March 12-16, 1996. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 1996:90 (abstract).
4. 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 β -carotene in school children in Indonesia. *Am J Clin Nutr* 1998;68:1058-67.
5. Underwood BA. Dietary approaches to the control of vitamin A deficiency: an introduction and overview. *Food Nutr Bull* 2000;21:117-23.
 6. Mahapatra S, Manorama R. The protective effect of red palm oil in comparison with massive vitamin A dose in combating vitamin A deficiency in Orissa, India. *Asia Pacific J Clin Nutr* 1997;6:246-50.
 7. Manorama R, Brahman GNV, Rukmini C. Red palm oil as a source of β -carotene for combating vitamin A deficiency. *Plant Foods Hum Nutr* 1996;49:75-82.
 8. Mosha TC, Laswa HS, Mtebe K, Paulo AB. 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.
 9. van Stuijvenberg ME, Benadé AJS. South African experience with the use of red palm oil to improve the vitamin A status of primary schoolchildren. *Food Nutr Bull* 2000;21:212-4.
 10. Lietz G, Henry CJK, Mulokozi G, Mugyabuso J, Ballart A, Ndossi G, Lorri W, Tomkins A. Use of red palm oil for the promotion of maternal vitamin A status. *Food Nutr Bull* 2000;21:215-8.
 11. Canfield LM, Kaminsky RG. Red palm oil in the maternal diet improves the vitamin A status of lactating mothers and their infants. *Food Nutr Bull* 2000;21:144-8.
 12. Narasinga Rao BS. Potential use of red palm oil in combating vitamin A deficiency in India. *Food Nutr Bull* 2000;21:202-11.
 13. Ruel MT, Levin CE. Assessing the potential for food-based strategies to reduce vitamin A and iron deficiencies: a review of recent evidence. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, 2000.
 14. Griffiths M. Social marketing: a key to successful public health programs. Washington, DC: Manoff Group, 1991.
 15. Green L, Kreuter M, Deeds S, Partridge K. Health education planning: a diagnostic approach. Palo Alto, Calif, USA: Mayfield, 1980.
 16. Rodriguez-Amaya DB. Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods. Arlington, Va, USA: John Snow, OMNI Project, 1997.
 17. Akusu MO, Achinewhu SC, Mitchell J. Quality attributes and storage stability of locally and mechanically extracted crude palm oils in selected communities in Rivers and Bayelsa States, Nigeria. *Plant Foods Hum Nutr* 2000;55:119-26.
 18. Rukmini C. Red palm oil to combat vitamin A deficiency in developing countries. *Food Nutr Bull* 1994;15:126-9.
 19. Bakari S, Delisle H, Ferland G. Relative validity of a short questionnaire to assess vitamin A intake of young children in Niger. XVIII Meeting of the International Vitamin A Consultative Group (IVACG), Cairo, September 1997. Washington, DC: International Life Sciences Institute, 1997:180 (abstract).

Annexe 3: Questionnaire de données CAP, socio-économiques, morbidité et fréquence de consommation

PROJET PILOTE HUILE DE PALME AU BURKINA FASO

Université de Montréal et collaborateurs

Financement Initiative Micro nutriments, Ottawa

ENQUÊTE AUPRÈS DES MÈRES

D'ENFANTS DE 36 A 60 MOIS (PASSAGE 3)

Nom et Prénom de l'enquêtrice: _____

<p>écrire sur les espaces réservés ou entourer ce qui s'applique le cas échéant (ne pas coder) Avant de quitter, vérifier que le questionnaire est complet et bien rempli</p>
--

Section 1. Identification

1. Nom du village _____ Code village I _ I _ I
2. Nom de la mère _____ Code ménage I _ I _ I _ I
4. Date de l'enquête ____/____/2001 I _ I _ I _ I _ I _ I
5. Nom de l'enfant ciblé _____ Code de l'enfant I _ I _ I _ I
8. État physiologique actuel 1. *Enceinte* 2. *Allaitante* 3. *autre* I _ I
11. État civil de la mère 1. *Mariée* 2. *Co-épouse* 3. *Divorcée* 4. *Veuve* 5. *Célibataire* I _ I
- 11a. A quel âge l'enfant a-t-il cessé de prendre le sein? I _ I _ I

**Section 2. Questionnaire de fréquence de consommation
des aliments et plats riches en vitamine A et caroténoïdes**

	MERE			ENFANT		
	Mesures	Nb mesures / jour	Nb jours par semaine	Mesures	Nb mesures / jour	Nb jours par semaine
Sauce gombo frais	louche Alu			louche Alu		
Sauce gombo sec	louche Alu (29 g)			louche Alu (29 g)		
Sauce calices kapokier séchées	louche Alu (43 g)			louche Alu (43 g)		
Sauce bulvaka séché Ou haricot	louche Alu (48 g)			louche Alu (48 g)		
Sauce tomate fraîches	louche Alu (39 g)			louche Alu (39 g)		
Sauce feuilles fraîches (Auberg, baobab,)	louche Alu			Louche Alu		
Sauces feuilles séchées (Auberg, baobab,)	louche Alu (47 g)			Louche Alu (47 g)		
Huile de palme rouge	grde cuiller (11,8 g)			petite cuiller (6,6 g)		
Patates douces jaunes crues	50 fcfa (428 g)			10 fcfa (72 g)		
Patates douces jaunes bouillies	50 fcfa (534 g)			10 fcfa (89 g)		
Riz gras tomate	louche perf. (443 g)			Louche perf. (443 g)		

Tô de maïs jaune	Saabga moy. (496 g)			Petit saabga (198 g)		
Pommes de terre						
Mangues mûres	50 fcfa (504g)			10 fcfa (91 g)		
	MERE			ENFANT		
	Mesures	Nb mesures/ jour	Nb jours /semaine	Mesures	Nb mesure s/ jour	Nb jours /semaine
Pulpe de néré (sachet)	25 fcfa (13,2 g)			25 fcfa (13,2 g)		
Pulpe de néré (cube)	5 f (30,3 g)			5 f (30,3 g)		
Piment frais	1 unité moy. (3,6 g)			-		
Piment sec	1 unité (1,16 g)			-		
Piment sec en poudre	3 pincées (2,3 g)			-		
RAPPEL SUR UN MOIS						
Lait entier en poudre	grande cuill. rase (4,8 g)			grande cuill. rase (4,8 g)		
Lait frais entier	louche peul. (170,3 g)			louche peul (170,3 g)		
Beurre	50 f (16 g)			10 f (3,7 g)		
Beurre de vache (peulh)	25 f (15 g)			25 f (15 g)		
Fromage						
Margarine enrichie	50 f (20,3 g)			10 f (3,9 g)		
Œuf de volaille	1 œuf (48g)			1 œuf (48g)		

Foie de poulet	1 foie (20,8 g)			1 foie (20,8 g)		
Foie d'autres animaux	50 f (17,8 g)			50 f (17,8 g)		

Section 3. Connaissances, Attitudes, Pratiques

RÉPONSE AUX ACTIVITÉS**I. HUILE DE PALME**

19. Connaissez vous l'huile de palme rouge *1. Oui 2.Non*

19a. Si oui, avez vous déjà consommé l' HPR? *1. Oui 2.Non*

19b. Avez vous aimé le goût l'huile de palme rouge? *1. Oui 2.Non 3. Un peu*

19c. En avez vous acheté depuis notre dernier passage, au début de l'hivernage passé?

1. Oui 2.Non

19d. Si non, pourquoi ? _____

19e. Avez vous l'intention d'en acheter bientôt ?

1. dans moins de 15 jours 2. Dans plus de 15 jours 3. Ne sait pas 4. Non

25. Si oui, où l'avez-vous acheté? _____

25aa. Combien de fois ?

25a. Qui sont les vendeuses d'HPR dans votre village ? (*laissez répondre sans lire les noms et cochez les noms données par la répondante*)

- Pas de

réponse – Ne sait pas

25b. Pouvez vous me montrer avec quel récipient vous achetez l'HPR le plus souvent ?

1. grande cuillère 2. petite cuillère 3. flacon opaque de 125 ml 4. sachet plastique 5. Bouteille de 33 cl

6. bouteille de 66 cl 7. autres (préciser) _____

25c. Il y a combien de temps que vous en avez acheté la dernière fois ? (*inscrire le temps dans la parenthèse appropriée*) *Jours () semaines () mois ()*

25cc. En avez vous consommé au cours de la semaine passée ? (cochez SVP)

- enfant
- mère

31. Comment l'avez vous utilisé? (cochez les cases appropriées)

	Plat individuel	En sirop	Plat commun post- cuisson	Cuisine
ENFANT				
MERE				

25d. Est-ce que vous aimeriez en acheter plus souvent ? 1. Oui 2.Non I_I

31a. Pour quelles raisons le projet conseille-t-il l'HPR ? _____

_____ 31b. Avez

vous parlé de ces raisons et des conseils autour de vous? 1. Oui 2.Non I_I

31c. Pour qui le projet conseille – t-il l'HPR? (laisser la femme répondre et cochez sa réponse)

- tous les jeunes enfants
- toutes les femmes
- toute la population
- certains enfants
- certaines femmes
- Autres (préciser)
- Ne sait pas

31d. Comment le projet conseille-t-il d'utiliser l'huile de palme rouge? (laisser la femme répondre et cochez sa réponse)

- pour la cuisine
- rajout dans le plat commun
- rajout dans le plat individuel
- directement dans la bouche
- ne sait pas
- de n'importe quelle manière
- autres (préciser) : _____

31e. Quelle quantité est recommandée pour

- les femmes
- les enfants
- Ne sait pas

31f. Avez vous eu connaissance d'événements ou d'activités reliées à l' HPR ici ?

1. *Oui* 2. *Non*

I _ I

31g. Si oui, qu'est ce qu'il y a eu ?

Qu'est ce qu'il y a eu ?	Utile ?
	Oui non un peu

31i. Pour la plupart des femmes, le prix de l'HPR vendue par les femmes au village est

1. *Trop élevé* 2. *Convenable* 3. *Trop bas* 4. *Ne sait pas*

I _ I

31j. Comment vous jugez la disponibilité de l'HPR dans votre village maintenant?

1. *Toujours disponible* 2. *Manque parfois* 3. *Manque souvent* 4. *Ne sait pas*

I _ I

36. Qu'est ce que le projet pourrait faire pour que les femmes achètent plus d'HPR ?

II. VITAMINE A

38. Souffrez-vous actuellement du yund zondo ?

Enfant ciblé I _ I

Mère

I _ I

39. Quelles sont les causes du yuund nzondo ? (*laissez répondre et cochez les réponses*)

Cause alimentaire I _ I

Grossesse I _ I

Sabga I _ I

Insuffisance de sang I _ I

Soleil I _ I

Ne sait pas I _ I

Autres (préciser)

40. Comment peut-on le guérir (*laissez répondre et cochez les réponses*)

Comprimés Ne sait pas

Capsules Autres (préciser)

Foie

41. Comment peut on prévenir le yund nzondo (*laissez répondre et cochez les réponses*)

Aliment en général ARVA

Sauces HPR

Foie Comprimés

Capsules Ne sait pas

Soigner le sabga Autres (préciser)

42. Connaissez vous les capsules de vitamine A

1. Oui 2. Non 9. Ne sait pas

43. A quoi servent les capsules de vitamine A (*laissez répondre et cochez les réponses*)

Contre les maladies Pour le sang

Contre la cécité nocturne Pour la force

Pour la croissance Pour l'appétit

Ne sait pas Autres (préciser)

44. Vous (ou votre enfant) en a-t-il pris depuis notre dernier passage au début de l'hivernage passé? 1.

Oui 2. Non 9. Ne sait pas

	Prise de capsule (Cochez si oui)	(Indiquer le nombre de	A quelle occasion? (1. routine 2. JNV 3. Curatif 4. Autres)
--	---------------------------------------	---------------------------	---

		<i>jours, semaines ou mois)</i>	
MÈRE			
ENFANT			

Section 4. Santé et mesures anthropométriques

46. Votre enfant a-t-il été malade dans les deux dernières semaines?

1. Oui 2.Non I _ I

47. Si oui, combien de jours au total a-t-il été malade pendant ces deux semaines? I _ I _ I

48. De quoi a-t-il souffert? Diarrhée *1. Oui 2.Non* I _ I

Fièvre *1. Oui 2.Non* I _ I

Toux *1. Oui 2.Non* I _ I

Difficulté à respirer *1. Oui 2.Non* I _ I

Autres *1. Oui 2.Non* I _ I

Autres, préciser: _____

49. Votre enfant a-t-il eu la rougeole depuis notre dernier passage, au début de l'hivernage passé? *1.*

Oui 2.Non I _ I

Enfant

52. Poids (Kg) I _ I _ I, I _ I

53. Taille (cm) I _ I _ I, I _ I

53a. Sexe *1. Masculin 2. Féminin* I _ I

6. Date de naissance de l'enfant ciblé I _ I _ II _ I _ II _ I _ I ou âge estimé en mois I _ I _ I

Annexe 4: Codage des variables de Connaissances Attitudes et Pratiques

1. Variables de connaissance de la cécité nocturne

- Connaissance de la cécité nocturne: non = 0; oui = 1
- Connaissance des causes: alimentation, maladie ou grossesse = 1; autres = 0
- Connaissance des moyens de traitement: foie, ou capsule ou comprimé = 1; autres = 0
- Connaissance des moyens de prévention: foie, ou ARVA ou hpr = 3; aliment en général ou sauces = 2; capsules ou comprimés = 1; nsp ou autres = 0

2. Variables de connaissance du projet

- Connaissance des vendeuses: oui = 1; non = 0
- Raison pourquoi projet conseille hpr: contre la cécité nocturne= 3; protège des maladies = 2; donne la santé ou la vitamine = 1; nsp, sabga ou sang ou force, ou autres = 0
- Connaissance des groupes cibles: tous les jeunes enfants et les femmes = 3; certains enfants et certaines femmes = 2; les autres réponses= 1; nsp = 0
- Activités du projet: oui = 1; non = 0

3. Variables sur les attitudes vis à vis de HPR

- Jugement sur le prix de l'huile: nsp = 0; trop élevé = 1; convenable ou bas = 2
- Jugement sur la disponibilité : nsp = 0; manque souvent = 1; disponible ou manque parfois = 2
- Parlez vous du projet: oui = 1; non = 0
- Aimez vous le goût de HPR? Non = 0 ; oui = 1

4. Variables sur les pratiques des femmes

- Mode d'utilisation de HPR: n'importe quelle = 0; cuisine = 1; plat commun = 2; plat individuel = 3
- Quantités recommandées: aucune bonne réponse = 0; une seule bonne réponse = 1; deux bonnes réponses = 2

Annexe 5 : Table de composition de principales sources de vitamine A à Kaya
(en μg EAR/g de partie comestible)

Code	NOM DES ALIMENTS	Rétinol	β -carotène (facteur FAO/OMS, 1989)	β -carotène (facteur de Pee et al, 1998)	β -carotène (facteur IOM/USA, 2001)
2001	HUILE DE PALME NON-RAFFINEE*	.00	113.05	113.05	113.05
2101	MARGARINE ENRICHIE	.00	8.76	8.76	4.38
3001	PIMENT FRAIS	.00	1.80	.90	.90
3002	PIMENT SEC	.00	41.62	20.81	20.81
3003	PIMENT SEC PIMENT SEC POUFRE	.00	41.62	20.81	20.81
3101	POIVRON SEC	.00	13.82	6.91	6.91
3201	GOMBO SEC POUFRE	.00	.19	.09	.09
3301	TOMATE FRAICHE	.00	.58	.29	.29
3302	TOMATE CONCENTREE	.00	1.56	.78	.78
3401	CHOUX	.00	.07	.02	.04
3501	CAROTTES CRUES	.00	10.82	2.50	5.41
3601	PATATE DOUCE JAUNE CRUE	.00	2.45	.57	1.23
3602	PATATES DOUCES JAUNES BOUILLIES	.00	2.03	1.02	1.02
3701	POMME DE TERRE GYNANDROPIS	.00	.00	.00	.00
4001	FEUILLES FRAICHES	.00	12.76	2.94	6.38
4002	NIEBE FEUILLES FRAICHES	.00	10.18	2.35	5.09
4003	AMARANTHE FEUIL. FRAICHES	.00	12.78	2.95	6.39
4004	OSEILLE FEUILLES FRAICHES	.00	12.76	2.94	6.38
4006	OIGNON FEUILLES FRAICHES	.00	8.09	1.87	4.05
4102	NIEBE FEUILLES SECHES	.00	6.00	1.38	3.00
4103	AMARANTHE FEUIL. SECH	.00	5.48	1.27	2.74
4104	OSEILLE FEUILLES SECHES	.00	28.72	6.63	14.36
4105	CORCHORHUS Sp. BULVAKA SECHE	.00	31.27	7.22	15.64
4106	OIGNON FEUILLES SECHES (GABA)	.00	28.20	6.51	14.10
4107	BAOBAB FEUILLES SECHES	.00	8.61	1.99	4.31
4204	OSEILLE CALICES SECS	.00	4.57	2.29	2.29
5001	MANGUES FRAICHES	.00	4.00	2.00	2.00
5101	PAPAYES FRAICHES	.00	.75	.38	.38
5201	FARINE PARKIA BIBLOBOSA (sache)	.00	3.79	1.89	1.89

c)					
5202	FARINE PARKIA BIBLOBOSA (cube)	.00	3.79	1.89	1.89
6001	LAIT VACHE ENTIER FRAIS	.27	.13	.13	.07
6002	LAIT CHEVRE ENTIER FRAIS	.25	.00	.00	.00
6003	LAIT BREDIS ENTIER FRAIS	.79	.00	.00	.00
6011	LAIT CONCENTRE ENTIER	.81	.05	.05	.03
6021	LAIT EN POUDRE ENTIER	3.40	.35	.35	.17
6101	FROMAGE LAIT VACHE	2.91	.32	.32	.16
6102	FROMAGE LAIT CHEVRE	1.29	.37	.37	.18
6103	FROMAGE LAIT BREBIS	1.29	.37	.37	.18
6201	BEURRE DE VACHE BEURRE DE	1.40	1.13	1.13	.56
6202	CHEVRE	1.40	1.13	1.13	.56
7001	VIANDE BEOUF	.24	.01	.01	.00
7003	VIANDE MOUTON	.10	.00	.00	.00
7004	VIANDE POULET	.75	.10	.10	.05
7005	VIANDE PINTADE	.12	.00	.00	.00
7101	FOIE BEOUF	81.00	.30	.30	.15
7102	FOIE CHEVRE	74.90	.00	.00	.00
7103	FOIE MOUTON	74.90	.00	.00	.00
7104	FOIE POULE	82.35	.03	.03	.02
7105	FOIE PINTADE	82.35	.03	.03	.02
7106	FOIE OISEAUX	82.35	.03	.03	.02
8001	OEUFS POULES	.91	.50	.50	.25
8002	OEUFS PINTADES	.91	.00	.00	.00
9001	SAUCE GOMBO FRAIS	.00	.00	.00	.00
9002	SAUCE GOMBO SEC SAUCE CALICES	.00	.01	.01	.00
9003	KAPOKIER SÉCHÉS SAUCE BULVAKA SÉCHÉ OU	.00	.00	.00	.00
9004	HARICOT SAUCE TOMATES FRAÎCHES	.00	1.34	.31	.67
9005	SAUCE FEUILLES FRAÎCHES (aubergine, baobab..)	.00	3.95	1.97	1.97
9006	SAUCE FEUILLES SÉCHÉES (aubergine, baobab..)	.00	1.56	.36	.78
9007	RIZ GRAS TOMATE TÔ DE MAÏS JAUNE	.00	.60	.14	.30
9008		.00	.01	.00	.00
9010		.00	.09	.04	.04

* Pour l'HPR, le facteur conventionnel de conversion a été conservé

Annexe 6: Formulaire de consentement des mères pour le volet d'évaluation du projet

1. Pourquoi le projet ?

Ce projet est réalisé conjointement par le Département de nutrition de l'Université de Montréal (Canada), l'Association Burkinabè d'Économie Sociale et Familiale, l'Association d'Économie familiale du Québec, ainsi que des chercheurs collaborateurs de Centre national de recherche scientifique et technique du Burkina. Pendant deux ans, on va essayer d'introduire l'huile de palme rouge dans certains endroits choisis de Kaya, parce que cette huile peut contribuer à prévenir certaines maladies nutritionnelles chez les mères et les enfants. Pour voir si on a réussi, il faut évaluer les effets. Il va donc falloir poser des questions à des femmes sur ce qu'elles mangent et sur ce qu'elles donnent à manger à leurs jeunes enfants qui ont entre 12 et 36 mois. Il va falloir aussi faire des tests de vitamines dans le sang des mères et des enfants.

2. En quoi consiste votre participation à l'évaluation du projet ?

Dans ces endroits où se déroule le projet, on choisit au hasard des femmes qui ont de jeunes enfants, comme vous, pour leur demander de participer à l'évaluation, une fois qu'on a vérifié qu'elles avaient un enfant de 1 à 3 ans. Cela veut dire qu'au début et au milieu du projet, ou encore seulement à la fin du projet, une personne spécialement préparée pour faire ce travail viendra vous rencontrer pour vous poser des questions sur vous-même, votre alimentation, votre santé et celle de votre enfant s'il a entre 1 et 3 ans. Cette entrevue durera environ 30 minutes.

Au même moment, un technicien attaché à l'hôpital ou au centre de santé prendra un peu de sang sur le dos de la main de votre enfant, aussi pour le faire analyser. Il vous prendra également du sang au creux du coude ou au poignet. On fera aussi la prise de taille et de poids de votre enfant. Vous aurez à répondre aux questions au plus deux fois, à un an d'intervalle. Mais vous et votre enfant ne donnerez de sang qu'une fois au plus.

3. Avantages et inconvénients de votre participation

L'inconvénient principal, c'est le temps qu'on vous demandera pour répondre aux questions (30 minutes). Pour vous remercier de participer, on vous remettra gratuitement un petit flacon d'huile de palme rouge.

Après avoir analysé votre sang, on vous fera savoir si jamais on trouvait qu'il y a un problème de manque de vitamines.

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 vous ou votre enfant faisait une petite réaction au point de la piqûre, le projet s'engage à en prendre soin.

En participant, vous allez rendre service à votre société et à la science, puisque grâce à vous, on en saura plus sur les effets de cette huile de palme et sur les possibilités de lutte contre une carence nutritionnelle qui nuit à la santé des femmes et des enfants.

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

Si vous décidez de ne pas participer, vous êtes libre de le faire 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 dans le cadre de cette évaluation, nous vous assignerons un numéro de code. L'information sera traitée, disséminée et le cas échéant publiée de manière anonyme.

5. Nom des personnes - ressources

Pour tout renseignement, ou pour discuter de toute question relative à votre participation, vous pouvez vous adresser à :

Madame _____, économiste familiale
Coordonnatrice
Projet « Huile de palme »
 Par l'intermédiaire de la Direction départementale de l'agriculture
 Kaya

Vous pouvez aussi vous adresser à votre animatrice, qui pourra vous mettre en contact avec la coordonnatrice, ou avec le chercheur principal, Dr Hélène Delisle.

Le nom de votre animatrice est : Madame

6. Adhésion

Je, soussignée, accepte de participer à l'évaluation du projet pilote sur l'huile de palme.

Je confirme avoir été bien informée de la nature du projet et de ce que ma participation impliquera.

J'ai pu poser les questions que je voulais et on a bien répondu.

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.

Nom de la personne	Signature	Date
Nom du témoin	Signature	Date

7. Engagement des chercheurs

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

Noël Marie ZAGRE	Nutritionniste	
Nom du représentant du chercheur principal	Fonction	Signature
		Date