

UNIVERSITE DE OUAGADOUGOU

**FACULTE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES**

**DEPARTEMENT DE
BIOCHIMIE / MICROBIOLOGIE**

C.R.S.B.A.N. / L.B.T. A.

MÉMOIRE

Présenté par

T. Marceline KANGAMBEGA

Maître ès Sciences

Pour l'obtention du:

DIPLÔME D'ETUDES APPROFONDIES (DEA)

EN

SCIENCES BIOLOGIQUES APPLIQUEES

OPTION

BIOCHIMIE / TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE ET NUTRITION HUMAINE

Sur le Thème :

**CONTRÔLE DES APPORTS EN CAROTENES AU
COURS D'UNE SUPPLEMENTATION
EN MILIEU RURAL**

Président du jury : Pr. Alfred S. TRAORE Responsable du 3^{ème} cycle de Biochimie / Microbiologie, CRSBAN / FAST / Université de Ouagadougou.

Examineurs : Dr. Philippe A. NIKIEMA Maître-Assistant CRSBAN / FAST / Université de Ouagadougou.
Dr. Philippe CHEVALIER Chercheur Nutritionniste laboratoire Nutrition, Centre IRD / Ouagadougou.

Mai 2000

DEDICACE

Au Père céleste, Dieu d'Amour, de Justice et Fidélité,

A mon Père,

A ma Mère,

A mes Frères et mes Sœurs,

Au Dr. Albert OUEDRAOGO et Sa famille,

A mon beau frère, ma belle sœur et leur familles,

A mon neveu et mes nièces,

A tous mes oncles et toutes mes tantes,

A ma tante Sœur Perpétue TAPSOBA et ses consœurs,

A tous mes cousins et toutes mes cousines,

A tous mes amis(es),

A vous tous mes bienfaiteurs,

*Pour votre amour, votre chaleureux soutien et votre
enthousiasme à mon égard,*

Je dédie cet humble document.

REMERCIEMENTS

Nous témoignons l'expression de notre profond respect et notre reconnaissance à madame le Professeur Odile NACOULMA, Chef de Département de Biochimie / Microbiologie, à monsieur le Professeur Alfred S. TRAORE Directeur du C.N.R.S.B.A.N et Responsable du troisième cycle de Biochimie / Microbiologie.

Nous témoignons l'expression de notre respectueux attachement et nos sincères remerciements au Docteur Philippe CHEVALIER notre Maître de stage pour la patience, la disponibilité et la rigueur dont il a fait preuve dans le suivi de ce travail. Nous sommes très sensible à l'honneur que vous nous avez fait en nous acceptant comme stagiaire dans votre programme de recherche.

Notre profond respect et nos vifs remerciements s'adressent au Docteur Philippe A. NIKIEMA notre Co-dirigeant, pour sa grande disponibilité et son sens critique dont nous avons énormément bénéficié.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à monsieur Jean FAGES ex-Directeur du centre IDR de Ouagadougou, à monsieur Alain CASENAVE actuel Directeur du centre, au Docteur Gérard PARENT et à tout le personnel du laboratoire de Nutrition pour leur accueil et leur perpétuel soutien.

Nous remercions Le Professeur Augustin BERE, les Docteurs Noël ZAGRE, Eric ATECKBO, Lidwien J.M. van der HEIJDEN, Nonfounikoun D. MEDA, Albert OUEDRAOGO, monsieur Christian BERE, tous nos enseignants de la Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Ouagadougou, ceux du secondaire et du primaire pour tout ce qu'ils nous ont appris.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à nos collègues Kossiawavi AYASSOU, Claire MATHIEU-DAUDE et Alain BAMBARA, pour leur grand soutien et la parfaite collaboration dans la réalisation de ce travail, à toutes l'équipe des enquêteurs et des encadreurs qui a travaillé sur le terrain à Dierma.

Nos remerciements s'adressent également à nos collègues stagiaires du centre IRD de Ouagadougou, à nos camarades étudiants pour leur soutien et leur amitié.

Nous remercions tous les ménages de Dierma pour leur hospitalité, leur disponibilité, leur parfaite collaboration et leur amitié.

PREAMBULE

Les études préliminaires menées par le Laboratoire de Nutrition du Centre IRD de Ouagadougou sur la connaissance de la ration Burkinabé en milieu urbain et rural mettent en évidence l'insuffisance des apports en feuilles pour couvrir la totalité des besoins en vitamine A des populations. Elles montrent aussi la nécessité de recourir à d'autres aliments riches en vitamine A ou en carotènes tels que l'huile de palme rouge. Pour contribuer à améliorer cette situation et réduire les pathologies liées à cette carence, le Laboratoire de Nutrition du Centre IRD, nous a proposé le thème suivant de travail:

"CONTRÔLE DES APPORTS EN CAROTENES AU COURS D'UNE SUPPLEMENTATION EN MILIEU RURAL"

Travail effectué au laboratoire de Nutrition du Centre IRD de Ouagadougou de janvier à décembre 1999.

Maître de stage: Dr. Philippe CHEVALIER.

Co-dirigeant: Dr. Philippe A. NIKIEMA.

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION	1
1.1. Généralités	1
1.1.1. <i>Historique</i>	1
1.1.2. <i>Définition, source, métabolisme, absorption et stockage</i>	2
1.1.3. <i>Rôle dans l'organisme et conséquences du déficit</i>	3
1.1.4. <i>Méthodes d'évaluation du déficit</i>	4
1.1.5. <i>Ampleur du déficit</i>	7
1.1.6. <i>Causes du déficit</i>	7
1.2. Situation nationale	8
1.3. Problématique	8
1.4. Objectifs	9
2. METHODOLOGIE	10
2.1. Description de la zone d'étude et sélection de la population	10
2.1.1. <i>Justification de la zone d'étude</i>	10
2.1.2. <i>Le village de Dierma</i>	10
2.1.3. <i>Aspect éthique</i>	10
2.1.4. <i>Echantillonnage - Création des groupes</i>	10
2.2. Période	11
2.3. Logistique	11
2.4. Collecte des données	12
2.4.1. <i>Enquête initiale (avant intervention)</i>	12
2.4.2. <i>Description de la supplémentation</i>	13
2.4.3. <i>Enquête finale</i>	14
2.5. Saisie et traitement des données	15
2.5.1. <i>Données du milieu urbain - dosage HPLC</i>	15
2.5.2. <i>Données du milieu rural</i>	17
2.5.3. <i>Exploitation des données</i>	18
3. RESULTATS	19
3.1. Exploitation des résultats de dosage des sauces par HPLC	19
3.1.1. <i>Situation</i>	19
3.1.2. <i>Comparaison des deux techniques</i>	19
3.1.3. <i>Les acquis de cette confrontation</i>	21
3.2. Exploitation des résultats de l'étude réalisée en milieu rural	24
3.2.1. <i>Composition des sauces</i>	24
3.2.2. <i>Consommation des sauces</i>	25
3.2.3. <i>Teneur en carotènes des sauces</i>	26
3.2.4. <i>Ingérés en rétinol</i>	29
3.2.5. <i>Couverture des besoins en rétinol</i>	31
4. DISCUSSION	35
4.1. Méthodes utilisées	35
4.1.1. <i>Enquête par pesée</i>	35
4.1.2. <i>Dosage par la technique HPLC</i>	36
4.1.3. <i>Estimation des apports en carotènes des sauces en milieu urbain</i>	36
4.1.4. <i>Elaboration d'une table rétinol révisée</i>	36
4.1.5. <i>Méthode de calcul des apports en équivalent Rétinol</i>	37
4.2. Etude de la supplémentation en milieu rural	37
4.2.1. <i>Composition des sauces</i>	37
4.2.2. <i>Consommation des Sauces</i>	39
4.2.3. <i>Teneur en carotènes des sauces</i>	40
4.2.4. <i>Ingérés en rétinol</i>	40
4.2.5. <i>Couverture des besoins en rétinol</i>	43
4.3. Etude Comparée du modèle alimentaire en milieu urbain et rural	45
5 CONCLUSION	47
6. BIBLIOGRAPHIE	48

LISTE DES TABLEAUX ET GRAPHIQUES

Graphiques

Pages

<i>Graphique 1: Courbes initiales de la teneur en rétinol en μg pour 100 g des 30 sauces par la technique de calcul et de dosage</i>	23
<i>Graphique 2: Teneur en rétinol en μg pour 100 g des 30 sauces par la technique de calcul et de dosage après correction</i>	20
<i>Graphique 3: Comparaison des ingérés individuels en rétinol selon la classe d'âge avant et après supplémentation</i>	31

Tableaux

<i>Tableau 1 : Classification de la xérophtalmie^a</i>	5
<i>Tableau 2: Caractéristiques des groupes créés</i>	11
<i>Tableau 3: Comparaison des résultats de la teneur en carotènes des sauces à RPO - calcul vs dosage</i>	21
<i>Tableau 4: Pourcentage de rétention d'eau au cours du lavage des feuilles fraîches rencontrées</i>	22
<i>Tableau 5: Teneur en carotènes en μg ER pour 100 g de sauce selon l'incorporation ou non de RPO</i>	23
<i>Tableau 6: Pourcentage de pertes en carotènes après cuisson des sauces contenant des feuilles fraîches</i>	24
<i>Tableau 7: Répartition des différents types de sauces du premier passage selon le groupe</i>	25
<i>Tableau 8: Répartition des différents types de sauces du deuxième passage selon le groupe</i>	26
<i>Tableau 9: Distribution de la moyenne de consommations individuelles de sauces (en g) selon la classe d'âge et le groupe au premier passage (Effectifs entre parenthèses)</i>	26
<i>Tableau 10: Distribution de la consommation individuelle moyenne de sauce (en g) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage (Effectifs entre parenthèses)</i>	27
<i>Tableau 11: Distribution des médianes de consommations individuelles de sauces (en g) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage</i>	27
<i>Tableau 12: Distribution de la consommation individuelle moyenne de sauce (en g) selon la classe d'âge au deux passages</i>	27
<i>Tableau 13a: Teneur moyenne en équivalent rétinol (μg ER / 100g) des sauces préparées et consommées selon le type de supplémentation</i>	28
<i>Tableau 13b: Comparaison de la teneur moyenne en équivalent rétinol (μg ER / 100g) des sauces préparées et consommées d'un passage à l'autre</i>	29
<i>Tableau 13c: Comparaison de la teneur moyenne en équivalent rétinol (μg ER / 100 g) des sauces selon l'incorporation ou non du supplément de carotènes dans les groupes OH₂, OS₂ et PR₂</i>	29
<i>Tableau 14: Teneur moyenne en carotènes (μg ER / 100 g) des sauces standards selon le passage</i>	30
<i>Tableau 15a: Distribution de l'ingéré individuel moyen en rétinol (en μg ER) selon la classe d'âge et le groupe au premier passage</i>	30
<i>Tableau 15b: Distribution de la médiane de l'ingéré individuel en rétinol (en μg ER) selon la classe d'âge et le groupe au premier passage</i>	31
<i>Tableau 16: Distribution de l'ingéré individuel moyen de rétinol (en μg ER) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage</i>	31
<i>Tableau 17: Distribution de la médiane de l'ingéré individuel de rétinol (en μg ER) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage</i>	31
<i>Tableau 18: ingéré moyen de rétinol selon l'incorporation ou non du supplément de carotènes et selon la classe d'âge au niveau des groupes OH₂, OS₂ et PR₂</i>	32
<i>Tableau 19: Nombre de personnes couvrant leurs besoins journaliers par rapport à l'effectif de même classe d'âge et du même groupe au premier passage</i>	33
<i>Tableau 20: Nombre de personnes couvrant leurs besoins journaliers en vitamine A par rapport à l'effectif de même classe d'âge et du même groupe au deuxième passage</i>	33
<i>Tableau 21: Nombre de personnes couvrant leurs besoins journaliers en vitamine A par rapport à l'effectif de même classe d'âge et du même groupe à partir de la consommation des sauces contenant ou non le supplément de carotènes</i>	34

<u>Tableau 22</u> : Densité vitaminique et nombre de sauces en fonction de la quantité de sauce consommée par chaque classe d'âge au premier passage	34
<u>Tableau 23</u> : Densité vitaminique et nombre de sauces en fonction de la quantité de sauce consommée par chaque classe d'âge au deuxième passage.....	35
<u>Tableau 24</u> : Evolution des fréquences (en pour-cent) des principales sauces consommées entre le premier et le deuxième mois de supplémentation.....	39
<u>Tableau 25</u> : Fréquence (en pour-cent) des principales sauces consommées au cours des 2 mois de supplémentation.	40
<u>Tableau 26</u> : Distribution de la consommation individuelle moyenne des sauces à base de "gombo sec" ou de feuilles fraîches d'oseille (en g) selon la classe d'âge et les groupes OH ₂ , OS ₂ et PR ₂	43
<u>Tableau 27</u> : Densité vitaminique des deux modèles de sauces majoritaires en fonction de la quantité de sauce consommée par chaque classe d'âge au niveau des groupes PR ₂ , OH ₂ et OS ₂	46

1. INTRODUCTION

1.1. Généralités

1.1.1. Historique

La malnutrition est la première cause de mortalité infantile dans le monde avec un taux de 56 % (Pelletier, 1995).

Les carences en micronutriments (essentiellement vitamine A, iode et fer) affectent plus de deux milliards de personnes surtout des femmes et des enfants et représentent un problème majeur de nutrition en termes de conséquences pour la santé et de frein au développement (CIN, 1992). Suite à l'ampleur mondiale de ces carences, plusieurs décisions importantes ont été prises sur le plan international. Ainsi, dès leur création, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale pour la santé (OMS) ont établi les bases scientifiques de la lutte contre ces carences, formulé des normes, des principes directeurs, des méthodologies et des stratégies et, en collaboration avec d'autres organisations internationales et bilatérales, promu la mise en place de programmes nationaux de lutte efficaces et durables (CIN, 1992). Cette préoccupation a conduit à la création du Groupe consultatif international sur la vitamine A (IVACG) qui entreprend en collaboration avec le Groupe consultatif international sur les anémies nutritionnelles (INACG), le Conseil international pour la lutte contre les troubles dus à une carence en iode (ICCIDD), la FAO et l'OMS d'énormes travaux de recherches (CIN, 1992). Au sommet mondial pour l'enfance réuni à New York en 1990 les Etats s'étaient fixés d'atteindre d'ici l'an 2000 l'élimination quasi-totale de la carence en vitamine A et de ses conséquences notamment, la cécité. Cet objectif a été réaffirmé lors de 2 conférences internationales: celle sur les micronutriments de 1991 et celle sur la nutrition à la fin de 1992 (Delisle, 1996). Mais nous constatons qu'à l'aube de l'an 2000, les problèmes liés à la carence en vitamine A persistent.

La cécité nocturne ou héméralopie (premier signe clinique de la carence en vitamine A) était déjà traitée 1500 ans avant notre ère par les Egyptiens et les Chinois par l'ingestion de foie (Delisle, 1996). Cependant ce n'est que durant la seconde moitié du XIX^e siècle, que certaines affections ophtalmologiques apparaissant surtout chez les individus malnutris ont été reliées à une insuffisance quantitative ou qualitative de la ration alimentaire (Le Grusse, 1993). En 1913-14 McCollum et M. Davis découvrent le facteur de croissance liposoluble dans le foie et l'identifient comme étant la vitamine A responsable de la guérison de la cécité (Le Grusse, 1993). L'année 1931 a été marquée par la découverte de la structure chimique de la première vitamine (celle de la vitamine A) par le professeur Paul Karrer (Delisle, 1996). Cette découverte lui valu le prix Nobel. Depuis sa synthèse par O. Isler en 1946-47, la vitamine A synthétique est utilisée couramment en

thérapeutique. En 1984, A. Sommer montre que la carence en vitamine A est une cause importante de mortalité infantile dans les pays en développement (Sommer, 1984).

1.1.2. Définition, source, métabolisme, absorption et stockage

La vitamine A ou rétinol est un alcool à longue chaîne qui comporte un noyau bêta-ionone. Le trans-rétinol est la forme biologique la plus active (cf. annexe 1). Dans la nature, on trouve la vitamine A préformée essentiellement sous forme d'esters et d'acides gras dans les aliments d'origine animale, tels que le foie, les produits laitiers et les œufs. Les caroténoïdes existent à l'état naturel dans les plantes (feuilles vertes foncées, légumes verts, légumes jaunes et fruits, racines oranges et l'huile de palme rouge) où ils interviennent dans le processus de la photosynthèse et de leur protection contre la photo-oxydation (McLarent and Frigg, 1997). Parmi les 600 caroténoïdes présents dans la nature, seuls la bêta-cryptoxanthine, l'alpha-carotène et le bêta-carotène, en raison de leur activité biologique comparable à celle de la vitamine A servent de provitamines A. Le plus important de ces caroténoïdes est le trans-bêta-carotène composé de deux noyaux bêta-ionone reliés par une longue chaîne (Parker, 1996) (cf. annexe 1). Ces trois caroténoïdes sont convertibles en rétinol. Ainsi un μg de rétinol correspond à 6 μg de bêta-carotène et à 12 μg d'alpha-carotène ou de bêta-cryptoxanthine (FAO/OMS, 1967). Cependant, des recherches plus récentes sur l'absorption des caroténoïdes dans l'organisme humain indiquent des ratios de convertibilité différents selon que ces caroténoïdes proviennent des feuilles vertes ou des fruits (Gopalan et Narasinga, 1991; de Pee, West, permaesih et al., 1998). Ces études montrent qu'il faut réévaluer les méthodes utilisées pour l'étude de la biodisponibilité des caroténoïdes comme sources de vitamine A dans l'alimentation (IVACG, 1999).

Le rétinol et ses dérivés qui font partie du groupe des vitamines liposolubles sont rapidement dégradés par la chaleur, la lumière, l'oxygène et les acides. Ils doivent donc être conservés dans des récipient opaques, hermétiquement fermés, d'où l'air a été chassé par un gaz inerte comme l'azote (Compendium des vitamines, 1971).

Dans l'estomac, les rétinyl-esters et les caroténoïdes sont libérés des protéines alimentaires. Ils sont ensuite hydrolysés dans l'intestin grêle sous l'action de la bile et des enzymes pancréatiques. Le rétinol et les caroténoïdes sont alors incorporés aux micelles et absorbés au niveau de la partie supérieure de l'intestin grêle selon un mécanisme de transport actif (cf. annexe 2). Il sont ensuite incorporés aux chylomicrons et excrétés dans la lymphe. Une faible quantité de rétinol et de β -carotène est absorbée directement et rejoint le foie par le système porte (Hollander, 1982).

Chez un sujet sain, l'absorption intestinale correspond à 80 % pour les composés vitaminiques A et à 50 % pour les provitamines A; de nombreux facteurs peuvent faire varier le degré d'absorption (Ames, 1969; Gopalan et Narasinga, 1991). Les esters des chylomicrons sont

absorbés par les hépatocytes. Le foie à lui seul concentre 90 % de la vitamine A de l'organisme (c'est pour cette raison que l'huile de foie de morue était utilisée dans l'ancien temps pour le traitement de certaines affections liées à l'avitaminose A). Trente à 60 % de la quantité absorbée chaque jour est mis en réserve dans le foie (Sporn, Roberts and Goodman, 1984). Le rétinol peut être directement stocké dans les globules lipidiques des hépatocytes et des lipocytes (cellules de Ito) sous forme d'ester après l'action d'une synthétase, ou libéré en fonction des besoins dans la circulation sanguine en association avec une protéine spécifique produite par le foie, la «retinol binding protein» (RBP); ce complexe est appelé holo-RBP (Glover, 1973 ; Ross and Goodman, 1979). Dans le sérum, le complexe rétinol-RBP se lie à la transthyréline qui est une grosse protéine également synthétisée dans le foie. Le rétinol est ensuite extrait du sérum et utilisé par les cellules cibles, tels que les photorécepteurs de la rétine et les cellules des épithéliums de revêtement répartis dans tout l'organisme dont il influence le métabolisme (cf. annexe 3) (Sommer, 1995).

Compte tenu de ce type de stockage (hépatique), un régime déficitaire chez l'adulte peut passé longtemps inaperçu avant l'apparition des signes cliniques et biologiques de carence. Chez le nourrisson, les réserves hépatiques peu importantes, peuvent être rapidement épuisées (Lequeu, 1990). Cependant, en cas d'incapacité de stockage du rétinol due à des apports excessifs et répétés, les concentrations sanguines augmentent et des phénomènes de toxicité peuvent apparaître (Dillon, 1995; Bernier, 1996).

1.1.3. Rôle dans l'organisme et conséquences du déficit

La vitamine A est essentielle pour la santé et la survie de l'Homme. Ces dérivés sont impliqués dans de nombreuses fonctions de l'organisme: la vision et la différenciation cellulaires, la croissance, l'immunité, la fertilité, et probablement le métabolisme du fer (Munnich, Ogier et Saudubray, 1987). Un déficit en cette vitamine, entraîne de nombreuses répercussions sur le fonctionnement harmonieux de l'organisme humain.

- Au niveau de la vision, le déficit entraîne une altération précoce de l'adaptation à l'obscurité (héméralopie) normalement contrôlée par la rétine. Si le déficit persiste, il entraîne une kératinisation progressive de la cornée avec atrophie de la conjonctive bulbaire pouvant conduire à la cécité définitive (Sommer, 1995). Les pigments photosensibles qui interviennent au niveau de la vision des formes et des couleurs sont synthétisés à partir d'un dérivé de la vitamine A: le 11-cis-rétinal (Le Grusse, 1993).
- Les dérivés de la vitamine A favorisent la différenciation des cellules épithéliales, car ils jouent un rôle dans le maintien de leur intégrité structurale et fonctionnelle. En situation de carence, il y a une diminution de la sécrétion de mucus suivie d'une kératinisation (Dillon, 1995). Les récepteurs de l'acide rétinoïque situés au niveau du noyau de la cellule épithéliale

sont les éléments moteurs du mécanisme d'action de la vitamine A au niveau de la différenciation cellulaire (cf. annexe 4) (Le Grusse, 1993).

- Au niveau de la peau et des muqueuses, la carence entraîne une xérose cutanée (Bendeck, 1997).
- Au niveau immunitaire, la vitamine A joue un rôle important dans le maintien de l'intégrité de la réponse immunitaire, car de nombreux éléments montrent que la carence en vitamine A au stade clinique ou secondaire est liée à un risque accru de mortalité par infection (UNICEF, 1997). En effet, dans les PED, un déficit même modéré en vitamine A est associé à une augmentation de la morbidité et de la mortalité dues aux diarrhées et maladies respiratoires chez les enfants de moins de 5 ans (Fawzi et al., 1994). Le déficit est plus fréquent chez les enfants de moins de 6 ans, car les besoins à cet âge sont trois fois plus élevés par kg de poids corporel que ceux d'un adulte. Ceci provoque la mort de près d'un million de ces enfants chaque année (USAID, 1998). L'avitaminose A augmente la sévérité de la rougeole par une complication de cette maladie et un risque élevé de décès (Brief, 1992). La vitamine A jouerait également un rôle dans les défenses non spécifiques contre les xénobiotiques (médicaments, polluants...) en intervenant dans l'activité de certaines enzymes, notamment le cytochrome P₄₅₀.

Les apports alimentaires insuffisants en β -carotènes essentiellement le 9 *cis*- β -carotène sont corrélés à un risque d'apparition de certains cancers, en particulier au niveau des poumons, indépendamment de son rôle de provitamine A (Le Grusse, 1993; West, 1996). Ce caroténoïde au même titre que les vitamines E et C, possède des propriétés d'antioxydant cellulaire (à cause de sa grande solubilité dans la matière grasse de l'organisme) en bloquant les radicaux libres et intervient ainsi dans la protection des membranes (Ben-Amotz, 1996).

Les conséquences d'un déficit en vitamine A sont réversibles jusqu'à un certain stade par une intervention appropriée. Une administration adéquate de vitamine A aux enfants carencés pourrait réduire la mortalité infantile d'un tiers et la mortalité liée à la rougeole de moitié (USAID, 1997; Roy et al., 1997). Une amélioration du statut en vitamine A chez les enfants d'âges préscolaire réduirait le taux de mortalité de 25 à 30 % (Humphrey et al., 1991; Sommer, 1992)

1.1.4. Méthodes d'évaluation du déficit

Les différentes méthodes d'évaluation du statut en vitamine A réalisables au niveau de la population dépendent des objectifs visés par l'étude. Chaque méthode ayant ses avantages et ses inconvénients. Les principales méthodes sont:

a) Des examens biologiques:

- le dosage de la concentration de rétinol sérique: lorsque cette concentration est inférieure à 10 $\mu\text{g} / \text{dl}$, elle est révélatrice d'une carence à l'échelon individuel. Au niveau d'une population,

l'OMS estime qu'il existe un problème de santé publique lorsqu'au moins 5 % des sujets ont une valeur inférieure à ce seuil. Les concentrations plasmatiques de rétinol doivent être interprétées avec une grande prudence car une malnutrition protéique associée, une atteinte hépatique ou une infection intercurrente peuvent affecter le transport de la vitamine A (Amédée-Manesme et de Mayer, 1989).

- le dosage du rétinol dans le lait maternel,
- le dosage de la RBP plasmatique et du rapport molaire rétinol/RBP.

b) Des examens histologiques

Fondés sur la différenciation cellulaire induite par la vitamine A, ces examens sont essentiellement le test d'impression oculaire (CIC) et l'impression conjonctival transférée (ICT). Pour ce qui est du test ICT, la méthode de prélèvement a été proposée par Egbert (1977) et simplifiée par Amédée-Manesme (1987). La relation entre ce test et l'existence d'un déficit en vitamine A a été proposée par Sommer et confirmée par Tseng (1985). Une relation formelle a été établie entre les résultats du test et les taux hépatiques de vitamine A en l'absence de malnutrition et une classification des résultats en 3 groupes (normal, déficitaire, marginal) a été proposée (Amédée- Manesme, 1989).

c) Des examens cliniques

Ils consistent à rechercher les signes cliniques ophtalmologiques de la carence: héméralopie et signes xérophtalmiques (cf. tableau 1). Ces signes révèlent un aspect tardif de la carence en vitamine A, parce que les états subcliniques et intermédiaires du déficit ne sont pas détectés.

Tableau 1 : Classification de la xérophtalmie^a

Classe	Signes ophtalmologiques
XN	Héméralopie
X1A	Xérosis conjonctival
X1B	Tâche de Bitot
X2	Xérosis cornéen
X3A	Ulcération cornéenne / Kératomalacie < 1/3 de la surface cornéenne
X3B	Ulcération cornéenne / Kératomalacie ≥ 1/3 de la surface cornéenne
XS	Cicatrices cornéennes
XF	Fond d'œil xérophtalmique

^a Source : Rapport d'une réunion mixte OMS / FISE / USAID / Helen Keller International / IVACG, 1982.

La recherche des signes xérophtalmiques qui se faisait par interrogation dans des enquêtes sur la population était subjective. Des travaux récents ont montré qu'il n'est pas nécessaire de décrire les signes recherchés au cours de l'interrogation dans les régions où la xérophtalmie porte déjà un nom local connu de la majorité des individus (Sommer, Husaini, Muhilal, Trawotjol, Susanto et Saraso, 1980; Tandon, 1981). De nos jours les examens les plus couramment utilisés sont: l'examen à la lampe à fente et le test d'adaptation à l'obscurité (Le Grusse et Water, 1993).

d). Examens alimentaires:

- le dosage sérique de la concentration de β -carotène, qui est le reflet d'un apport récent en caroténoïdes constitue un bon critère de validation de l'enquête de consommation alimentaire. Mais sa valeur est difficile à interpréter et le seuil n'est utilisable que lorsque la concentration de rétinol plasmatique est diminuée (Lemoine, Le Devehat, Herberth et al., 1986),
- l'estimation des apports alimentaires peut permettre d'identifier les individus ou groupes à risque de carence en vitamine A en se fondant sur l'estimation quantitative ou sémi-quantitative des apports (Ag Bendeck, 1993). Elle comporte les méthodes d'enquêtes par enregistrement et pesées ou par rappel. De nouvelles méthodes semi-quantitatives visant à relever les fréquences de consommation hebdomadaire ou quotidienne d'aliments riches en vitamine A et de matière grasses ont été mises au point et utilisées dans les pays en développement (Underwood BA., et al., 1989).

e). Des tests fonctionnels:

- le test de la dose relative (RDR test), non validé dans les situations de malnutrition protéinique sévère ou modérée, est difficile à mettre en œuvre pour des raisons logistiques en enquête de masse. Ce test a été utilisé dans plusieurs études visant des groupes particuliers (Olson, 1982).
- le test de la dose-réponse relative modifiée (DRRM) consiste à faire un seul prélèvement de sang après l'administration orale de 2,3 didéhydrorétinyl acétate ou vitamine A₂ (analogue naturel du rétinol). Le rapport déhydrorétinol/rétinol est un indicateur du statut vitaminique A. Cependant, le problème de la disponibilité de la vitamine A₂ se pose, car ce produit est synthétisé ou extrait du foie de poisson (Malaba, 1994),
- la dilution isotopique consiste à déterminer l'importance des réserves en vitamine A à partir de la dilution d'une dose précise de vitamine A marquée au deutérium sur une période donnée après l'injection intraveineuse ou l'administration orale du composé (Olson, 1982). Cette méthode est totalement inutilisable sur le terrain, car elle nécessite un laboratoire qui possède la méthode de synthèse du composé et la méthode d'analyse du plasma sur spectromètre de masse (Guillaud, Lequeu, 1992; Malaba, 1994).

Les méthodes utilisées pour réaliser la présente étude sont: l'estimation des apports alimentaires par enregistrement pesée et dosage, par relevé des fréquences de consommation hebdomadaire des aliments riches en vitamine A, par dosage HPLC (chromatographie liquide haute performance) des caroténoïdes contenus dans les aliments rencontrés et du rétinol sérique et le test d'impression conjonctival transférée. Les avantages et les inconvénients de la méthode par pesée et par dosage des caroténoïdes seront détaillés au paragraphe 4.1.

1.1.5. Ampleur du déficit

Selon la FAO et l'OMS (1995), plus de la moitié des enfants d'âge préscolaires des pays en développement (PED) sont affectés par le déficit en vitamine A. Trois millions sont atteints de manifestations cliniques oculaires (xérophtalmie), une partie d'entre eux souffre de carence subclinique et chaque année, un demi-million d'enfants perdent totalement ou partiellement la vue. Le déficit en vitamine A est un problème de santé publique dans au moins 37 pays d'Afrique, d'Asie du sud-est, du Pacifique occidental et d'Amérique Latine. Bendeck et al. (1997), mentionnent que ce déficit est plus répandu et plus sévère en Asie du sud ou du sud-est et en Afrique qu'en Amérique Latine. Selon d'autres auteurs, ce problème de santé publique est prioritaire parce qu'il est la première cause de cécité dans le monde et constitue un handicap important, d'autant qu'il touche surtout la première enfance (Samba et al, 1991; Van den Berg, 1996).

1.1.6. Causes du déficit

Le principal facteur étiologique de la carence est un apport insuffisant de vitamine A sous forme de rétinol ou de β -carotène. Cependant, des facteurs secondaires tels que les infections (entéropathies tropicales, rougeole), les diarrhées récurrentes, la malnutrition protéine-énergétique (MPE), les déficits d'apport en lipides (notamment en acides gras essentiels), et peut-être aussi en zinc, exacerbent la déficience en réduisant l'absorption de la provitamine A des plantes (Bauernfeind, 1986; Solomons, 1993). Ainsi, l'apparition d'un de ces facteurs secondaires ou de la rougeole chez les enfants n'ayant pas ou peu de réserves hépatiques peut précipiter le déficit chez ces enfants avec des conséquences graves de survie. Ces causes sont liées à des facteurs écologiques caractérisés par des environnements hostiles (terres arides, ou trop humides) entraînant à la fois un mauvais rendement de la culture des végétaux riches en caroténoïdes et leur faible disponibilité. Elles sont liées aussi à des facteurs socio-économiques dû à l'inaccessibilité des populations aux centres de santé publique, au faible niveau de scolarisation et à la pauvreté (WHO, 1995).

La carence en vitamine A est importante dans les régions à très forte consommation de céréales ou de féculents et à faible consommation de produits animaux; c'est le cas des pays en développement (PED) où 70 à 90% de la vitamine A provient des caroténoïdes (Bendeck, 1997). Selon Amédée-Manesme et De Maeyer (1989), dans les pays du Sahel où la saison sèche est très longue, la quantité de caroténoïdes diminue fortement au cours de cette saison. Une étude menée dans huit provinces du Burkina Faso par le CNN (1998) révèle que les aliments riches en vitamine A sont très rarement consommés dans l'année, et que les groupes cibles sont soumis à de nombreux interdits alimentaires portant essentiellement sur les aliments riches en micronutriments. Cette étude montre aussi que les causes de la cécité nocturne ("yun zoondo" en

langue moorée, "takuma" en langue Bissa, ...) sont ignorées par les populations étudiées. Par contre, les conséquences de cette affection sont bien connues des groupes cibles.

1.2. Situation nationale

Le Burkina Faso est un pays en développement situé dans la zone sahélienne de l'Afrique. Sa situation nutritionnelle est caractérisée par la prédominance de la malnutrition protéino-énergétique (MPE) et des carences en micronutriments; la population infantile est la plus affectée (CNN, 1993). L'analyse de la situation des femmes et des enfants au Burkina Faso par l'UNICEF a révélé que les manifestations cliniques de la carence en vitamine A, étaient particulièrement importantes dans 6 provinces (UNICEF, 1994). Les prévalences élevées des carences en micronutriments et plus particulièrement celle en vitamine A, constituent un réel problème de santé publique. En effet, une étude menée par le Centre National de Nutrition dans 15 provinces révèle des prévalences de cécité nocturne de 3 à 8 % (CNN, 1997) supérieures au seuil (1 %) fixé par l'OMS au delà duquel cette affection devient un problème de santé publique (UNICEF - CNN, 1995).

Pour lutter contre cette carence, le Ministère de la Santé a engagé à court terme une stratégie basée sur la distribution de capsules de vitamine A et à moyen et long terme, une stratégie basée sur une modification et une amélioration des modèles alimentaires par l'incorporation d'aliments riches en carotènes (CNN, 1996).

1.3. Problématique

L'alimentation burkinabé est constituée de plats à base de céréales (mil, sorgho, maïs, riz, ...) accompagnés d'une sauce de composition variable selon les saisons (une saison sèche et une saison pluvieuse). Pendant la saison pluvieuse (3 à 4 mois), la majorité des sauces est à base de produits frais tandis que la saison sèche (9 à 8 mois) est caractérisée par une prédominance de sauces à base de produits secs. De ce fait, la sauce constitue le seul élément de l'alimentation sur lequel une intervention est possible, surtout pendant la saison sèche. Une estimation des apports en carotènes des sauces préparées en milieu urbain en début de saison pluvieuse (mi-juillet à mi-août) a révélé une teneur moyenne en carotènes de 90 µg ER pour 100 g de sauce. La majorité des sauces présentent des teneurs en rétinol insuffisantes pour couvrir la moitié des besoins journaliers en vitamine A en un seul repas (Kangambèga, 1998). Pourtant la saison pluvieuse est la période d'apparition de produits frais pendant laquelle les fréquences de consommation de ces produits devraient augmenter. Une autre étude réalisée en milieu rural (dans notre zone d'étude) de mars à mai, montre que sur l'ensemble des aliments consommés par la population enquêtée, seulement 3 sont riches en carotènes: les feuilles vertes (essentiellement les feuilles de *Hibiscus sabdarifa* ou "oseille") consommées au moins une fois par semaine, les mangues qui n'apparaissent que vers

mi-avril et le piment utilisé dans les sauces, mais en faible quantité (Mathieu-Daudé, 1998). Cette étude révèle un taux de prévalence de la cécité nocturne de 1.25 % dans l'ensemble de la population du village étudié et de 3.9 % chez les enfants d'âge compris entre 6 et 10 ans. Cinquante quatre personnes présentent soit une héméralopie, soit une xérosis conjonctival ou une tâche de Bitot. Selon une étude réalisée en milieu urbain au Mali, les mangues sont très riches en carotènes et peuvent permettre une couverture de plus de 100 %, mais le problème de leur apparition saisonnière se pose (Bendeck, 1996).

Compte tenu de cette situation inquiétante des apports en carotènes en milieu urbain et de la faible fréquence de consommation des aliments sources de carotènes en milieu rural, une intervention qui pourrait améliorer la situation des apports en vitamine A des population tout en assurant leur propre prise en charge est nécessaire. C'est dans ce contexte que nous avons entrepris de contrôler les apports en carotènes au cours d'une supplémentation en milieu rural pour contribuer à résoudre le problème de l'apparition des carences en vitamine A dans cette zone pendant le premier trimestre de la saison sèche (période pendant laquelle les feuilles fraîches et les mangues sont absents).

1.4. Objectifs

Les objectifs de notre étude étaient les suivants:

- Objectif Principal: augmenter les apports en carotènes de l'alimentation burkinabé en milieu rural, et leur biodisponibilité par un enrichissement en feuilles vertes fraîches des sauces accompagnant le plat de céréales ou par l'incorporation d'huile de palme rouge.
- Objectifs Spécifiques:
 - tester l'impact de cette supplémentation sur la couverture des besoins à partir des résultats de calendriers de préparation des sauces dans la région étudiée,
 - contribuer à la réduction de la prévalence des pathologies oculaires liées à la carence en vitamine A par la mise en place d'une stratégie durable basée sur une augmentation des apports en carotènes.

2. METHODOLOGIE

2.1. Description de la zone d'étude et sélection de la population

2.1.1. *Justification de la zone d'étude*

L'étude s'est déroulée en milieu rural dans un village (du nom de Dierma) de la province du Boulgou situé à 150 km au sud de Ouagadougou (cf. annexe 5).

Diverses raisons ont guidé le choix de cette zone; ce sont:

- 1°) la disponibilité de données sur les comportements alimentaires et sur l'état nutritionnel de la population de ce village (Mahieu-Daudé, 1998),
- 2°) la disponibilité de données démographiques sur le village grâce au dernier recensement de la population en 1994 complété par une étude en 1998 (Mahieu-Daudé, 1998),
- 3°) la facilité de contact avec les autorités locales due à deux études antérieures réalisées dans cette région; l'une dans le cadre de la mise en eau du barrage de Bagré situé au sud du village (Parent, 1997; Ira Tiéba, 1998) et l'autre sur l'influence des ingérés en carotènes sur la prévalence de la cécité nocturne (Mathieu-Daudé, 1998).

2.1.2. *Le village de Dierma*

Composé de 2000 habitants, le village choisi vit en majorité de la culture maraîchère (oignons essentiellement) grâce à la proximité d'une boucle du Nakambé (Volta noire) qui assure l'approvisionnement en eau des ménages durant la période sèche (cf. annexe 6). Le village est constitué d'environ 98 concessions, correspondant à 232 ménages. Chaque concession abrite une famille (au sens africain du terme) composée de plusieurs ménages. Chaque ménage est caractérisé par son unité alimentaire: élaboration du repas indépendante des autres ménages de la concession. La quasi totalité du village est musulmane, 95% des personnes sont d'origine bissa et 5% d'origine peulh.

2.1.3. *Aspect éthique*

Avant le démarrage de l'étude, le projet a reçu l'accord des autorités régionales (administratives et médicales), des responsables administratifs et religieux du village ainsi que celui des autorités villageoises pour confirmer l'autorisation de travail. Au cours d'une réunion générale avec les chefs de ménage (unité alimentaire) et leurs épouses, les grandes lignes du projet ainsi que les contraintes liées à l'étude ont été exposées à l'ensemble des personnes présentes. L'ensemble des examens cliniques et nutritionnels a été effectué sur les membres des ménages volontaires, en accord avec l'autorité sanitaire du village (infirmier dirigeant le CSPS). Par ailleurs, ces ménages ont bénéficié du soutien médical de l'équipe dès le démarrage du projet.

2.1.4. *Echantillonnage - Création des groupes*

Sur l'ensemble des 232 ménages que forme le village, 207 se sont portés volontaires pour participer à l'étude après avoir pris connaissance au cours d'une réunion des grandes lignes du projet et des contraintes liées à cette étude. Ces 207 familles (ou ménages) consentantes ont fait l'objet d'un tirage au sort ayant abouti à la formation de 5 groupes. Deux groupes ont reçu un supplément de carotènes sous forme de feuilles fraîches d'oseille (OS et OH), le groupe OH a reçu en plus de l'huile de palme raffinée en vue de tester l'amélioration de la biodisponibilité des carotènes foliaires. Un groupe (PR) a reçu un supplément de carotènes sous forme d'huile de palme rouge (RPO) à incorporer au plat de sauce préparée. Deux groupes ont constitué les témoins (TS et TH), le groupe TH a reçu un apport régulier d'huile de palme raffinée (cf. tableau 2).

Tableau 2: Caractéristiques des groupes créés.

Nom des groupes	Gr* au 1 ^{er} passage	Gr. au 2 ^{ème} passage	Supplément reçu
OS	OS ₁	OS ₂	Oseilles
OH	OH ₁	OH ₂	Oseilles+ Huile "Dinor"
PR	PR ₁	PR ₂	Huile de palme rouge
TH	TH ₁	TH ₂	Huile "Dinor"
TS	TS ₁	TS ₂	Aucun

*Groupe

2.2. **Période**

L'étude s'est déroulée de mi-janvier à début avril 1999. Cette période correspond à une partie de la saison sèche où les ménages ne disposent pratiquement plus de feuilles fraîches pour la préparation des sauces. Les mangues, source importante de carotènes, n'apparaîtront qu'à la fin mars ou en début avril. C'est donc la période la plus propice à l'apparition de carences en vitamine A. Cette étude a comporté 2 enquêtes transversales (d'une dizaine de jours chacune) encadrant la phase de supplémentation. La première enquête s'est déroulée avant le démarrage de la supplémentation et l'autre pendant la dernière semaine de supplémentation.

2.3. **Logistique**

Pour réaliser cette étude, une équipe composée de 24 personnes a travaillé sur le terrain.

Au niveau de l'enquête alimentaire, 8 binômes d'enquêteurs composés de 8 étudiants en 3^{ème} cycle (DEA ou DESS) de nutrition de la Faculté des Sciences et Technique (FAST) de l'Université de Ouagadougou et de 8 jeunes Bissa volontaires (ayant tous au moins le certificat d'études primaires) du village ou des villages voisins ont été recrutés et formés à la méthode de pesée alimentaire. Pendant le déroulement de l'enquête, ces binômes ont été encadrés par trois

superviseurs, l'un résidant dans le village pour faciliter l'identification des concessions et ménages et les 2 autres maîtrisant la technique utilisée pour le contrôle et la résolution des problèmes de terrain.

Au niveau du relevé de fréquence de préparation des sauces, chacun des 5 groupes alimentaires était sous la responsabilité d'un superviseur bissa résidant dans le village ou dans un village voisin. Chaque superviseur se déplaçait à vélo pour récolter les calendriers hebdomadaires de sauces et aider les ménagères au remplissage en cas de problèmes. Le contrôle et le suivi de la supplémentation ainsi que la remise des calendriers de sauces des 5 groupes avaient lieu au cours de réunions hebdomadaires des superviseurs locaux avec une équipe de nutritionnistes qui arrivait de Ouagadougou.

2.4. Collecte des données

2.4.1. *Enquête initiale (avant intervention)*

2.4.1.1. Etat alimentaire initial.

Pour connaître l'état alimentaire initial des ménages constituant les 5 groupes, une enquête transversale a été réalisée avant l'intervention. Cette enquête a porté sur 20 à 21 familles parmi les 30 par groupe. Chaque ménage a reçu la visite d'un binôme d'enquêteurs pour une enquête alimentaire, pendant la préparation d'un des 2 repas journaliers. Deux types de questionnaires ont été soumis à chaque ménage (cf. annexe 7).

Des échantillons de chacune des sauces rencontrées lors du passage des enquêteurs ont été prélevés et stockés à +4°C jusqu'au transport à Ouagadougou et conservés à -25°C en vue du dosage ultérieur du rétinol et des caroténoïdes.

Deux types de balance ont été utilisés pour effectuer les différentes pesées:

- 8 balances électroniques de portée 2 à 5 kg et de précision 1 à 2 g,
- 8 balances mécaniques à aiguille, de portée 20 kg et de précision 100 g.

Tous les ingrédients ont été pesés avec leur tare à l'aide de la première balance. Après la cuisson des plats de "Tô" et de sauce, les ensembles "plats + tares" (marmites chaudes) ont été pesés sur les balances mécaniques. Chaque récipient de "Tô" et de sauce est également pesé avec précision (sur une balance électronique) avant et après consommation par les rationnaires en vue de déterminer par différence, les quantités réellement consommées.

2.4.1.2. Etat nutritionnel initial.

Avant l'intervention, l'état nutritionnel des individus des 5 groupes a été déterminé via trois types d'investigations:

- Anthropométrie: le poids et la taille ont été mesurés chez l'ensemble des membres de chaque ménage à partir de 2 ans, date habituelle du sevrage en zone musulmane. Le périmètre brachial et le pli cutané tricipital ont été également mesurés chez les enfants uniquement;
- Clinique: examen réalisé par un médecin ophtalmologiste (assisté d'un infirmier spécialisé en ophtalmologie - I.S.O. et d'un infirmier d'origine Bissa du Centre Médical de Garango) sur l'ensemble des sujets de l'étude âgés de 2 ans et plus. L'examen a porté essentiellement sur la recherche de:
 - signes cliniques de xérophalmie: cécité crépusculaire, xérosis conjonctival, tache de Bitot ou autres pathologies oculaires liées à l'avitaminose A,
 - signes cliniques cutanés d'hyperkératose,
 - épisode infectieux, diarrhéique ou rougeoleux chez les enfants au cours des deux semaines précédentes;
- Une échographie du thymus chez les enfants de 2 mois à 6 ans.

2.4.1.3. Enquête socio-économique

Un questionnaire sur l'accessibilité économique de l'huile de palme rouge ainsi que sur les possibilités de cultiver le palmier à huile a été posé à l'ensemble des chefs de ménage faisant partie de l'étude par l'intermédiaire d'enquêteurs de la même ethnie déjà formés à ce type d'enquête. Une partie de ce même questionnaire a servi à établir la liste exhaustive des membres du ménage en précisant leur sexe et leur âge et à identifier les femmes enceintes ou allaitantes. Un questionnaire CAP (connaissances, attitudes, pratiques) axé sur l'huile de palme rouge a été posé à l'ensemble des femmes de 15 à 45 ans de chacun des 30 ménages du groupe PR, quel que soit leur nombre par ménage, cette classe d'âge étant également celle apte à préparer le repas.

2.4.2. *Description de la supplémentation*

L'intervention a porté sur une période de 9 semaines en continu de début février à début avril. Elle s'est caractérisée par une distribution de compléments alimentaires aux groupes PR, OS, OH et TH.

2.4.2.1. Supplémentation en huile

La supplémentation en huile a concerné les groupes PR, OH et TH. Chaque semaine, des pots d'huiles destinés à ces 3 groupes sont livrés au village et mis à la disposition des ménages concernés par 3 superviseurs Bissa résidents dans le village. Le libre choix a été laissé à la femme préparant le repas du ménage pour l'utilisation hebdomadaire de l'huile de palme rouge (PR) ou de celle commerciale raffinée (OH et TH) selon le groupe. La seule contrainte étant l'utilisation complète du contenu du pot sur la semaine.

2.4.2.1.1. Huile de palme rouge

L'huile de palme rouge provenant du Togo a été stockée à température ambiante à l'abri de la lumière avant son conditionnement en pots alimentaires. Chaque pot correspondait à la quantité hebdomadaire nécessaire et suffisante pour couvrir les 2/3 des besoins en vitamine A de chaque ménage en fonction de son nombre de rationnaires. Cette huile a été incorporée à la marmite de sauce en fin de cuisson avant la répartition dans les cuvettes correspondant traditionnellement aux différents groupes de rationnaires (hommes, femmes, enfants, personnes âgées).

2.4.2.1.2. Huile de palme raffinée (huile "Dinor")

Le conditionnement et les quantités d'huile de palme raffinée distribuées aux groupes OH et TH en fonction de leur composition ont été effectués sur les mêmes bases que ceux de l'huile de palme rouge.

2.4.2.2. Supplémentation en feuilles fraîches

Lors des réunions préparatoires avec les femmes du village participant au projet, il a été proposé une distribution 2 à 3 fois par semaine pour ne pas saturer les familles au niveau de l'acceptabilité du produit. La production régulière d'oseille a été réalisée par les maraîchers du village ayant accepté de cultiver de l'oseille en lieu et place de la culture traditionnelle de l'oignon. Leur rétribution par le projet s'est faite sur la base d'une équivalence du nombre de planches cultivées, du temps consacré et du gain théorique obtenu basé sur le prix moyen du sac de 100 kg d'oignon vendu au marché voisin. Les maraîchers ont été choisis parmi les familles non retenues pour l'étude.

2.4.2.3. Carnet de fréquence des sauces

Durant les 2 mois de supplémentation, un calendrier basé sur une représentation iconographique de l'ingrédient majoritaire des principales sauces a été établi à partir de la liste des sauces préparées à la même époque en 1998. Ce calendrier a permis de relever de façon hebdomadaire la fréquence journalière de consommation des sauces (chaque ménage consomme 2 repas par jour) préparées au sein de chaque famille. La représentation iconographique de l'ingrédient principal permet à une population analphabète d'identifier aisément la sauce préparée. Le contrôle des relevés de chaque groupe était sous la responsabilité d'un superviseur Bissa et l'ensemble des 5 groupes était contrôlé par un superviseur qui venait de Ouagadougou de façon hebdomadaire. Ce dernier était également chargé de récupérer les calendriers de sauces de la semaine précédente à celle de son arrivée.

2.4.2.4. Contrôle et suivi de la supplémentation

Le contrôle de la supplémentation alimentaire de chaque groupe (TH, PR, OH et OS) a été fait par un enquêteur de langue Bissa issu du village ou d'un village voisin. Ce contrôleur a été chargé du relevé hebdomadaire du questionnaire de fréquence des sauces et de la bonne distribution des suppléments d'huiles. Ceux des 2 groupes « oseille » ont veillé également à l'approvisionnement régulier et en quantité suffisante en feuilles fraîches. Ces 4 contrôleurs étaient sous la supervision d'un enquêteur principal résidant dans le village qui s'occupait aussi de la supervision du groupe TS et du contrôle des calendriers de sauces. Chaque semaine lors de la distribution des suppléments d'huiles, un superviseur venant de Ouagadougou faisait la synthèse de la semaine écoulée avec les superviseurs locaux et récupérait l'ensemble des carnets de fréquence des sauces.

2.4.3. *Enquête finale*

Elle correspond à la 2^{ème} enquête transversale qui s'est déroulée au cours de la dernière semaine de supplémentation.

Les bilans alimentaire, nutritionnel et ophtalmologique ont été réalisés selon le même protocole que celui de la phase initiale.

2.4.3.1. Etat alimentaire final

Il a été réalisé selon le même protocole utilisé dans le bilan alimentaire initial détaillé en 2.4.1.1 mais sur la totalité des ménages de chaque groupe (30 ménages par groupe).

2.4.3.2. Etat nutritionnel final

Le bilan nutritionnel au cours de la dernière semaine de supplémentation a comporté en plus du protocole initial un complément d'analyses sur un sous échantillon d'environ 100 femmes allaitantes provenant des 5 groupes et de leur enfant. Ces enfants avaient un âge compris entre 0 et 24 mois. Ce complément d'analyse comporte:

- un examen histologique, test d'impression conjonctivale sur les 100 femmes allaitantes;
- un contrôle de la situation vaccinale des enfants recevant toujours du lait maternel;
- un prélèvement de lait maternel chez toutes ces femmes allaitantes en vue d'un dosage ultérieure du rétinol et des acides gras essentiels;
- un prélèvement de sang chez les mêmes femmes en vue d'un dosage ultérieure du rétinol sérique pour contrôler l'impact de la supplémentation et d'un dosage de l'hématocrite réalisé sur place.

2.4.3.3. Enquête CAP

Le questionnaire CAP (connaissances, attitudes, pratiques) axé sur l'huile de palme rouge a été à nouveau posé à l'ensemble des femmes de 15 à 45 ans des ménages du groupe PR, quel que soit leur nombre par ménage, au cours de cette enquête finale.

2.5. Saisie et traitement des données

2.5.1. *Données du milieu urbain - dosage HPLC*

Au cours de la phase pratique de notre mémoire de maîtrise, nous avons prélevé des échantillons de sauce en milieu urbain entre juillet et août 1998 en vue d'un dosage ultérieur des caroténoïdes. Ces échantillons de sauces ont pu être dosés dans le laboratoire Vitamines de l'INRA de Clermont-Ferrand en France en décembre 1998 par la technique de Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC).

2.5.1.1. Description de la technique de dosage des caroténoïdes par HPLC des aliquotes de sauces recueillies en 1998 en milieu urbain

A l'origine (en 1903), la chromatographie, une technique analytique permettant la séparation ou la purification d'un ou de plusieurs composés d'un mélange pour leur identification et leur quantification, se faisait avec des colonnes en verre. Cette technique a été plusieurs fois améliorée en vue de l'adapter aux exigences du temps. De nos jours, la Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC) permet de réaliser assez facilement des séparations et des analyses qui seraient difficiles ou impossibles par d'autres techniques chromatographiques. Avec cette technique, les quantités de solutés sont plus faibles, les pics sont beaucoup plus fins et la résolution nettement meilleure (Gevry, 1999). Elle peut s'appliquer à tous les produits solubles.

Au niveau des caroténoïdes, la HPLC permet la séparation de 11 caroténoïdes (Astaxanthine, Lutéine, Zéaxanthine, Cathaxcanthine, Cryptoxanthine, Echinénone, Lycopène et ses isomères, α carotène, β carotène, β 9 cis-carotène, β 13 cis-carotène). Il existe deux méthodes de séparation qui diffèrent selon le type de colonne utilisé et le temps de séparation des caroténoïdes: la méthode rapide permettant la séparation du rétinol et ces isomères ainsi que le tocophérol et la méthode longue utilisée pour séparer les caroténoïdes. C'est cette dernière méthode que nous avons retenu pour nos dosages. Les étapes essentielles de cette méthode sont clairement détaillées dans l'annexe 8.

2.5.1.2. Conversion des données du dosage HPLC

Les résultats du dosage des 30 échantillons de sauces du milieu urbain sont exprimés en μg d'équivalent rétinol de nature végétale / g de sauce et en μg d'équivalent rétinol de nature

animale / g de sauce. La somme de ces 2 valeurs multipliée par 100 a permis d'obtenir la teneur en $\mu\text{g ER}$ pour 100 g de chaque sauce.

2.5.1.3. Etude comparative entre la méthode par pesée et celle par dosage HPLC

Les données des 2 méthodes d'estimation de la teneur en carotènes des sauces enquêtées en milieu urbain ont été traduites en courbes afin de déceler les différences qui existent entre elles. Les différences notées ont permis de réviser la table rétinol qui sera appliquée aux calculs de la teneur en carotènes des sauces et des ingérés individuels en rétinol.

Pour estimer la teneur en carotènes de l'huile de palme rouge vendue sur les marchés locaux un calcul par règle de trois a été effectué de la façon suivante:

- a) dosage des sauces contenant de l'huile de palme rouge commerciale,
- b) dosage par HPLC de la teneur en carotènes d'une huile de palme de bonne qualité (considérée comme une huile de référence),
- c) calcul de la teneur en carotènes de chacune des sauces contenant de l'huile de palme rouge commerciale avec la teneur de l'huile de palme de référence,
- d) règle de trois entre la teneur de chacune de ces sauces calculée à partir de la teneur en carotènes de l'huile de référence, celle obtenue par le dosage HPLC et la teneur de l'huile de référence.

Exemple de calcul:

- si la teneur en carotènes d'une sauce calculée sur la base de celle de l'huile de palme rouge de référence (2 500 $\mu\text{g ER} / 100 \text{ g}$) est de 198 $\mu\text{g ER} / 100 \text{ g}$
- la teneur en carotènes de la même sauce selon le dosage HPLC est de 90 $\mu\text{g ER} / 100 \text{ g}$
- alors la teneur en équivalent rétinol de l'huile de palme rouge utilisée (commerciale) dans cette sauce [tRPOc] est donnée par la formule suivante:

$$\begin{array}{lcl} 198 & \longrightarrow & 2\,500 \\ 90 & \longrightarrow & [\text{tRPOc}] = ? \\ [\text{tRPOc}] & = & 90 \times 2\,500 / 198 \\ [\text{tRPOc}] & = & 1136,4 \mu\text{g ER} / 100 \text{ g}. \end{array}$$

2.5.2. *Données du milieu rural*

2.5.2.1. Etude de la consommation alimentaire

2.5.2.1.1. *Estimation de la consommation individuelle*

Une table de consommation individuelle a été élaborée pour chaque ménage. Compte tenu de la diversité du nombre de rationnaires, des ingrédients et des quantités utilisées selon les

ménages, la table de consommation individuelle de chaque ménage a été établie sur un feuillet Excel. Ces feuilles Excel ont été à leur tour regroupées sur fichier selon le groupe d'appartenance des ménages. Ainsi chaque fichier représentant un groupe précis, a comporté autant de feuilles Excel que de ménages constituant ce groupe (soient 5 fichiers x 21 feuilles correspondant aux 5 groupes du premier passage et 5 fichiers x 30 feuilles correspondant aux 5 groupes du deuxième passage).

Le procédé de calcul utilisé pour chaque feuillet donc chaque famille figure à l'annexe 9.

2.5.2.1.2. Calcul des apports en rétinol

2.5.2.1.2.1. Teneur en rétinol des plats

La méthode de calcul utilisée pour estimer la teneur en carotènes des plats de sauces des ménages de chaque groupe au 1^{er} passage comme au 2^{ème} passage est un calcul matriciel sur tableur. Pour chaque groupe, nous avons saisi sur un feuillet Excel, la liste des ingrédients et leurs quantités utilisées par chacun des ménages qui constitue ce groupe. Ces quantités ont été ensuite ramenées à 100 g de sauce préparée avant d'appliquer le calcul matriciel (cf. annexe 10a).

2.5.2.1.2.2. Ingérés individuels en rétinol

Pour chaque feuillet Excel ayant servi à l'élaboration de la table des consommations individuelles, donc pour chaque famille, les ingérés individuels en rétinol ont été calculés sous forme matriciel en 3 étapes (cf. annexe 10b).

2.5.2.2. Calcul du taux de couverture des besoins en rétinol

Le calcul du taux de couverture des besoins a été fait à l'aide de la table de couverture des besoins en fonction de l'âge et du sexe dont l'utilisation est recommandée par la FAO (McLaren et Frigg, 1997) (cf. annexe 11). En supposant que les deux repas journaliers soient équivalents, chaque repas doit en théorie couvrir la moitié des besoins journaliers ce qui donne les seuils suivants en µg ER:

- 200 pour la classe des enfants de moins de 6 ans,
- 250 pour les enfants de 6 à 10 ans,
- 300 pour les enfants de 10 à 15 ans, et les personnes de 15 ans et plus.

2.5.2.3. Transfert de fichier

A partir de chaque famille et de chaque individu constituant une famille, un fichier global est constitué sur Excel comprenant la totalité des individus identifiés par leur appartenance à un groupe et une famille, leur âge, leur sexe, leur consommation du plat commun et leur ingéré en rétinol. Ce fichier est importé sur Epi Info.

2.5.2.4. Création de variables de regroupement

Des variables de regroupement par classes d'âge et par classes d'ingérés en rétinol ont été créées (cf. annexe 12).

Ces nouvelles variables sont ensuite intégrées au fichier précédent.

2.5.3. *Exploitation des données*

- Calcul de la moyenne de l'apport en rétinol pour 100 g de sauce dans chaque groupe du premier passage et du deuxième passage sur Microsoft Excel.
- Etude de l'évolution des apports en carotènes tant au niveau des sauces que des individus entre le premier passage et le deuxième passage pour déceler les différences entre les 5 groupes d'un même passage ou les similitudes par des tests statistiques:
 - Inter groupe (entre les différents groupes d'un même passage),
 - Intra groupe (au sein d'un même groupe d'un passage à l'autre).

3. RESULTATS

3.1. Exploitation des résultats de dosage des sauces par HPLC

3.1.1. Situation

Dans le cadre du mémoire de la maîtrise en nutrition Humaine et Technologie Alimentaire en 1998, nous avons mené une enquête alimentaire dans le but d'estimer les apports en carotènes des sauces préparées en milieu urbain. Les données de cette enquête ont été recueillies par pesée de la totalité des ingrédients entrant dans la composition des sauces préparées le jour de l'enquête. Les apports ont été estimés par un calcul matriciel à partir d'une table rétinol obtenue par compilation des tables existantes.

Une partie aliquote de chacune de ces sauces cuites a été prélevée au cours de l'enquête de 1998. La teneur en carotènes de ces sauces a pu être dosée par la technique de dosage HPLC dans le laboratoire Vitamines de l'INRA de Clermont-Ferrand (France) en 1999. Les valeurs fournies par cette technique de dosage, constituent des valeurs de référence. La teneur moyenne en carotènes des sauces obtenue par cette technique est de 83 μg ER pour 100 g de l'ensemble des sauces étudiées (cf. annexe 13).

3.1.2. Comparaison des deux techniques

La comparaison des résultats provenant des dosages et des pesées montre qu'il existe deux types d'erreurs (cf. graphique 1 et annexe 14). Les données issues de la technique de dosage seront prises comme référence.

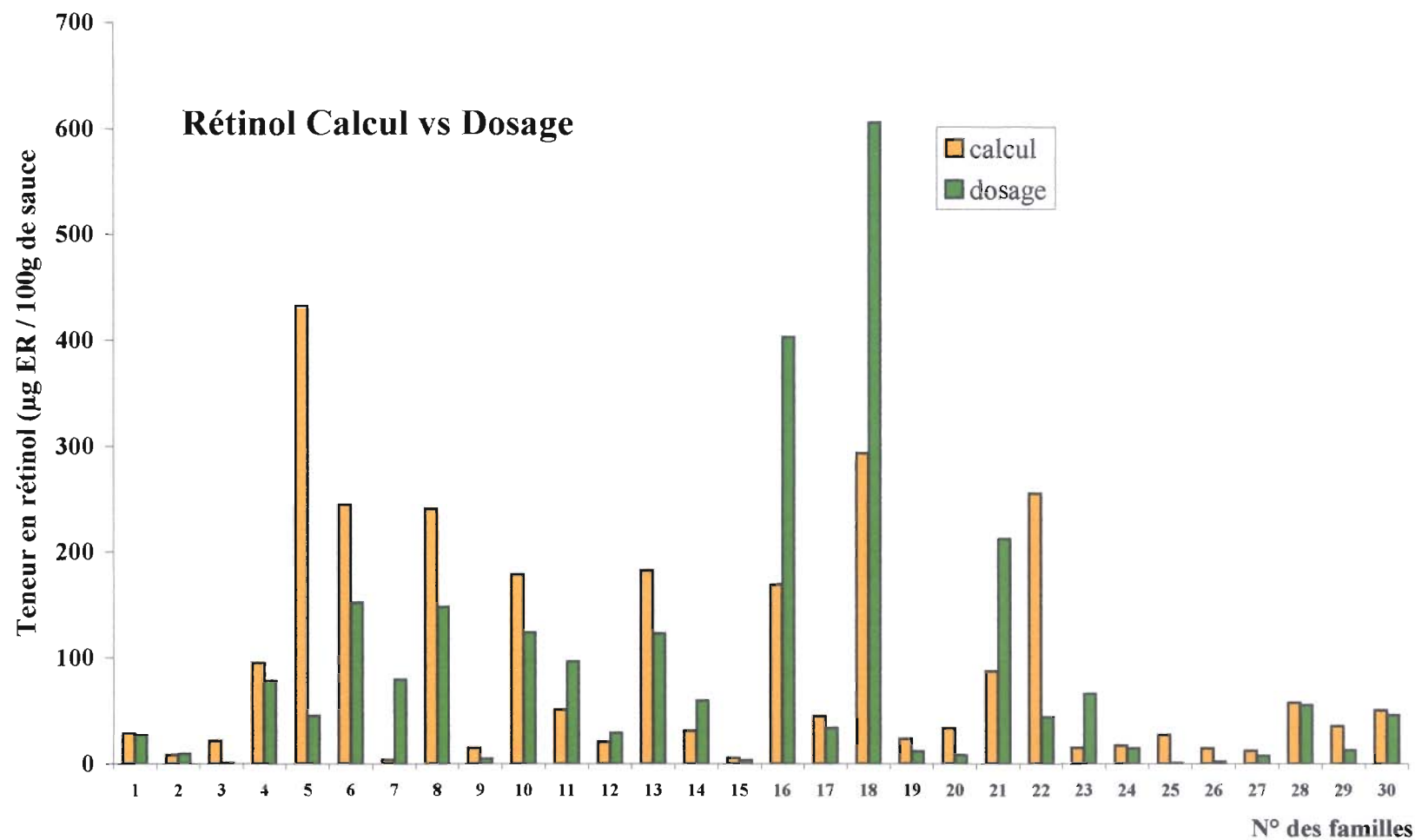
3.1.2.1. Surestimation de la teneur en carotènes des sauces par le calcul

Les teneurs en carotènes ont été surestimées au niveau des familles qui ont utilisé des feuilles fraîches. Ce type d'erreur vient d'une surestimation des quantités de feuilles fraîches ayant servi à préparer les sauces au cours de la pesée. Ces feuilles ont été pesées après leur lavage ou leur pré-cuisson. Lorsqu'elles sont insuffisamment égouttées, elles retiennent un peu d'eau du lavage ou de la pré-cuisson. Ces quantités surestimées de feuilles fraîches se répercutent sur le calcul de leur teneur en carotènes, car les valeurs que donnent les tables alimentaires sont exprimées pour 100 g du produit frais.

Par exemple supposons que:

- 100 g de feuilles fraîches d'oseille contiennent 500 μg ER,
- poids des feuilles fraîches avant lavage = 800 g,
- poids des feuilles après lavage = 1000 g;

Graphique 1 : Courbes initiales de la teneur en rétinol en μg pour 100 g des 30 sauces par la technique de calcul et de dosage



Au moment du calcul de l'apport en carotènes de la sauce si l'on prend le poids des feuilles après lavage, on obtient un apports en carotènes de 5000 µg ER au lieu de 4000 µg avec les feuilles non lavées et on surestimera alors cet apport de 1000 µg ER.

3.1.2.2. Sous-estimation de la teneur en carotènes des sauces

Au niveau des familles qui ont utilisé de l'huile de palme rouge (RPO) dans la préparation de leur sauce le jour de l'enquête, les teneurs en carotènes ont été sous-estimées par le calcul. Cette sous-estimation se traduit par de fortes différences supérieures à la moitié des valeurs fournies par le dosage (cf. tableau 3).

Tableau 3: Comparaison des résultats de la teneur en carotènes des sauces à RPO - calcul vs dosage.

<i>N° de la famille</i>	Rétinol calculé	Rétinol dosé	Sous-estimation
<i>Fam16</i>	168,9	402,0	-233,1
<i>Fam18</i>	293,5	605,3	-311,8
<i>Fam21</i>	87,0	211,6	-124,6

Cette erreur vient de l'utilisation d'une très faible valeur de la teneur en carotènes de l'huile de palme rouge utilisée dans ces sauces. En effet le dosage HPLC d'échantillons d'huile de palme rouge de bonne qualité (huile de référence) a révélé une teneur en carotènes de 28 000 µg ER / 100 g de produit. Cette valeur est proche de celle que propose McLaren (1997) alors que la valeur que nous avons utilisé en 1998 pour nos calculs (celle donnée par Nordeide) était de 3000 µg ER pour 100 g.

3.1.2.3. Traitement du problème des surestimations

a) Surestimation par lavage

Après des expériences de pesées avant et après le lavage des feuilles fraîches riches en carotènes utilisées par 6 familles, nous avons pu estimer par une règle de trois le "pourcentage de rétention d'eau" de ces feuilles (cf. tableau 4).

Tableau 4: Pourcentage de rétention d'eau au cours du lavage des feuilles fraîches rencontrées.

Type de feuilles fraîches	Rétention d'eau au cours du lavage (%)
Oseille (<i>Hibiscus sabdarifica</i>)	30
Haricot (<i>Vigna unguiculata</i>)	38
Bulvaka (<i>Corchorus olitorius</i>)	39
Kyenebdo (<i>Gynandropsis gynandra</i>)	22
Amarante (<i>Amaranthus spp</i>)	36
Moyenne	33

a) Surestimation par pré-cuisson

Des expériences de pesées avant et après la pré-cuisson des feuilles fraîches d'oseille (*Hibiscus sabdarifica*) riches en carotènes et utilisées par 3 familles montrent que ces feuilles retiennent près de 11 % d'eau de la pré-cuisson.

3.1.2.4. Traitement du problème des sous-estimations

a) Sous-estimation liée à la teneur de référence du RPO (Huile de palme rouge)

La valeur du rétinol de l'huile de palme rouge préalablement sous-estimée (valeur initiale = 2 500 à 3 000 μg d'ER / 100 g) a été corrigée à partir de celle de l'huile de palme de référence dont la teneur est de 28 000 μg ER pour 100 g. Ce qui donne une valeur de 14 000 μg ER pour 100g d'huile de palme rouge commerciale utilisée dans les trois sauces.

b) Sous-estimation liée à la dégradation du RPO

Une estimation du pourcentage des pertes en carotènes de l'huile de palme rouge commerciale par rapport à celle de l'huile de référence révèle des valeurs 50 et 54 % dans les trois familles ayant utilisé le RPO commerciale.

Les résultats de ces différentes corrections figurent en annexe 14.

3.1.3. Les acquis de cette confrontation

3.1.3.1. La teneur de l'huile de palme rouge commerciale

Parmi les 30 familles enquêtées, 3 familles ont utilisé de l'huile de palme rouge (RPO) dans leur sauce le jour de l'enquête. L'apport moyen en carotènes de ces 3 sauces contenant le RPO est de 406 μg ER / 100g, contre 47 μg ER / 100 g pour les 27 autres sauces (cf. tableau 5).

Tableau 5: Teneur en carotènes en $\mu\text{g ER}$ pour 100 g de sauce selon l'incorporation ou non de RPO

Type de sauce	Nombre	Teneur en carotènes ($\mu\text{g ER}$ / 100 g)	
		Dosage	Calcul
Sauces avec RPO	3	406	406
Sauces sans RPO	27	47	55
Ensemble des sauces	30	83	90

La confrontation des résultats du dosage des 3 sauces à base de RPO avec ceux de l'huile de référence montre, en fonction des quantités connues d'huile de palme rouge (commercialisée à Ouagadougou) utilisées dans ces sauces, que la teneur en carotènes (environ 14 000 $\mu\text{g ER}$ / 100 g) de l'huile commerciale atteint à peine la moitié de celle de l'huile de référence. Ceci implique que l'huile de palme rouge vendue à Ouagadougou est de moindre qualité. Ceci peut être dû à des problèmes de stockage, ou de dilution avec d'autres huiles dans le but d'augmenter le bénéfice à la vente.

3.1.3.2. Biais occasionné par les pertes

En observant simultanément les résultats de la technique par pesée après les différentes corrections et les recettes de sauces des familles 6, 8, 10, 16, 18 et 22 nous apercevons qu'à l'exception d'une seule sauce contenant des feuilles fraîches, les 5 autres présentent à peu près le même écart entre les pics de la teneur en carotènes des 2 courbes (cf. graphique 2). En supposant que les apports en carotènes obtenus par le Calcul correspondent à 100% des caroténoïdes disponibles dans les ingrédients riches, en l'occurrence les feuilles fraîches, le pourcentage moyen de pertes en carotènes après cuisson en fonction des résultats du dosage atteint 20% (cf. tableau 6).

Graphique 2 : Teneur en rétinol en μg pour 100 g des 30 sauces par la technique de calcul et de dosage après correction

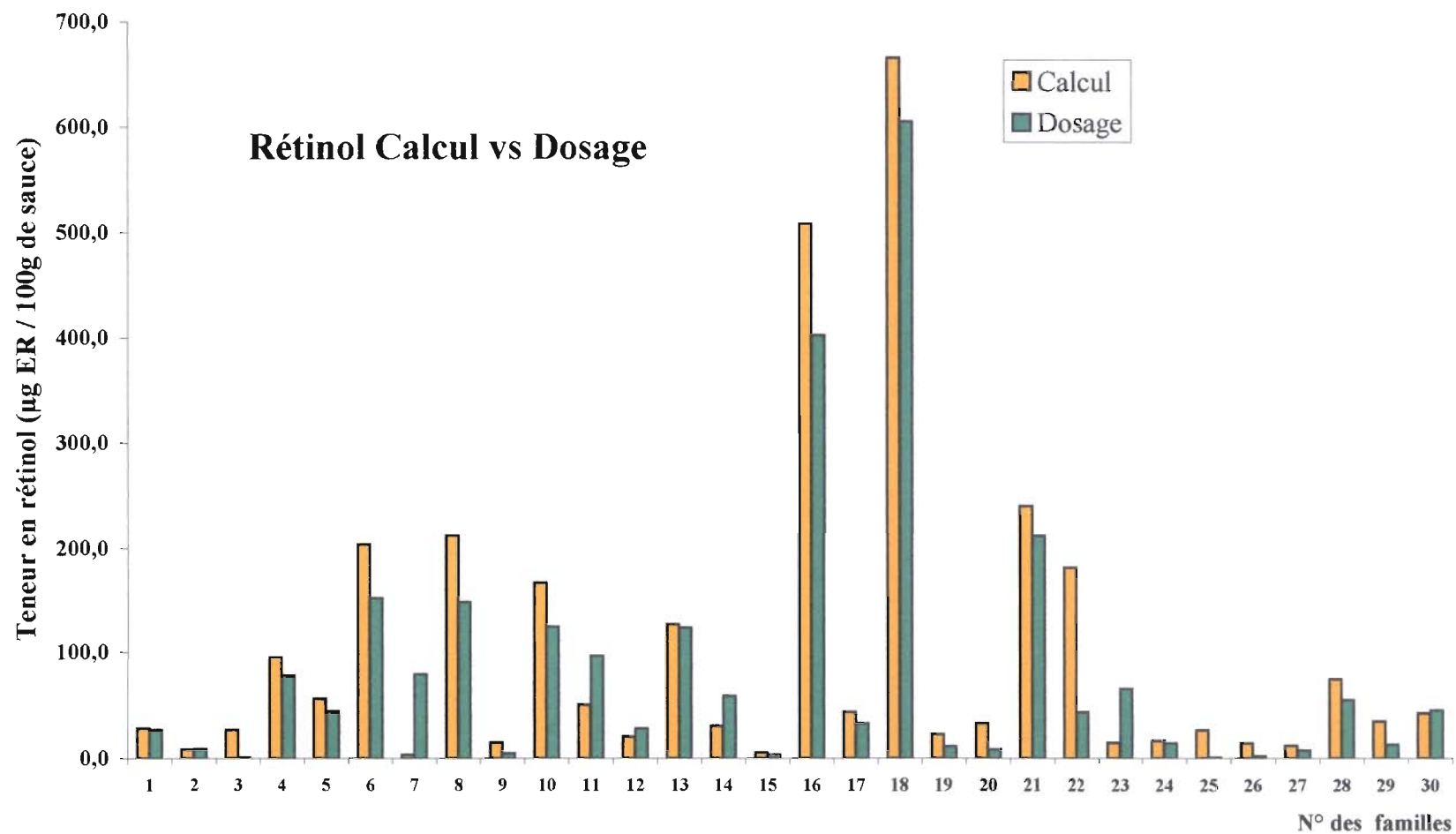


Tableau 6: Pourcentage de pertes en carotènes après cuisson des sauces contenant des feuilles fraîches.

N° Famille	Feuilles fraîches	Rét. Calculé.	Rét. Dosé.	pertes après cuisson (%)
6	oseille + bulvaka	208,0	152,1	26,9
8	oseille + kyenebdo	212,0	148,3	30,1
10	oseille	167,0	124,5	25,4
16	amarante	498,0	402,0	19,3
18	bulvaka	666,8	605,3	9,2
Moyenne				22,2

Cette estimation donne des valeurs approximatives sur les pertes. Pour avoir plus de précision, il est nécessaire de doser les caroténoïdes des ingrédients avant et après la préparation de la sauce.

3.1.3.3. Biais dû à l'eau de lavage

La technique par pesée de la totalité des ingrédients d'une sauce pour estimer ses apports en carotènes ou en d'autres micronutriments doit se faire avec beaucoup de précaution; surtout au niveau de la pesée des ingrédients qui subissent des traitements préalables à leur cuisson. Pour éviter les erreurs de surestimation de la teneur en carotènes d'une sauce dues à la rétention d'eau de lavage des produits frais entrant dans sa préparation, il faut peser les ingrédients avant et après lavage (la 2^{ème} pesée se faisant juste avant leur introduction dans la marmite) et ajouter la différence qui existe entre les deux poids à la quantité totale d'eau introduite dans la marmite.

3.1.3.4. Table rétinol révisée (cf. annexe 15)

L'acquis majeur de la confrontation des deux techniques est la création d'une table rétinol améliorée pour la suite du travail en milieu rural de 1999. L'application de cette nouvelle table aux calculs des apports en carotènes des sauces pour contrôler leur évolution au cours d'une supplémentation alimentaire va permettre de minimiser les erreurs de la technique par pesée.

3.2. Exploitation des résultats de l'étude réalisée en milieu rural

3.2.1. Composition des sauces

3.2.1.1. Sauces rencontrées au premier passage

Au premier passage, nous avons enregistré pour l'ensemble de 5 groupes, 101 sauces réparties en 6 types de sauces basés sur l'ingrédient majoritaire des recettes de sauces (cf. tableau 7). Il y a une forte prédominance de sauces à base de produits sec notamment le "gombo" (*Hibiscus exsulentus*) (94 / 101 sauces). Seules 4 sauces étaient à base de produit frais (feuilles fraîches).

Tableau 7: Répartition des différents types de sauces du premier passage selon le groupe.

Type de sauces	TS ₁	TH ₁	OS ₁	OH ₁	PR ₁	Total
Sauce "gombo"	17	20	20	19	18	94
Sauce "oseille"	1	0	0	0	0	1
Sauce "duntala"	0	0	0	0	1	1
Sauce "yinkun"	0	0	1*	0	1	2
Sauce "baobab"	0	0	0	1	0	1
Sauce "kapok"	0	0	0	1	1	2
Total	18	20	21	21	21	101

*: sauce à base de quantités équivalentes de feuilles fraîches de "yinkun" et de "haricot"

La liste des ingrédients rencontrés au cours de cette étude et leur nom scientifique figurent sur l'annexe 16.

3.2.1.2. Sauces rencontrées au deuxième passage

Après la phase de supplémentation, 9 types de sauces ont été rencontrés pour l'ensemble des 5 groupes de 30 ménages enquêtés (cf. tableau 8). Malgré la supplémentation, le nombre de sauces à base de "gombo sec" reste très élevé (94 / 145 sauces).

Tableau 8: Répartition des différents types de sauces du deuxième passage selon le groupe.

Type de sauces	TS ₂	TH ₂	OS ₂	OH ₂	PR ₂	Total
Sauce "gombo"	22	22	11	15	24	94
Sauce "oseille"	2	2	17	13	3	37
Sauce "duntala"	0	0	0	1	0	1
Sauce "yunkun"	0	2	0	0	1	3
Sauce "haricot"	1	0	0	0	0	1
Sauce "choux"	0	0	0	0	1	1
Sauce "feuilles d'oignon"	1	0	0	0	0	1
Sauce "kapok"	1	1	2	0	1	5
Sauce "baobab"	1	0	0	1	0	2
Total	28	27	30	30	30	145

3.2.2. Consommation des sauces

3.2.2.1. Avant supplémentation

Les valeurs moyennes des quantités de sauces consommées par individu selon les quatre classes d'âge et selon le groupe montre une augmentation régulière avec l'âge, mais aussi une forte variabilité de la quantité consommée d'un groupe à l'autre au premier passage (cf. tableau 9).

Tableau 9: Distribution de la moyenne de consommations individuelles de sauces (en g) selon la classe d'âge et le groupe au premier passage (Effectifs entre parenthèses)

Classes d'âges	OH ₁	OS ₁	PR ₁	TH ₁	TS ₁	Moyenne
<6 ans	23 (34)	29 (23)	28 (21)	29 (35)	47 (29)	31 (142)
6 à 10 ans	70 (31)	66 (20)	63 (26)	74 (23)	92 (28)	74 (128)
10 à 15 ans	82 (18)	72 (27)	125 (20)	125 (19)	75 (30)	92 (114)
15 ans et +	92 (72)	90 (52)	131 (69)	143 (73)	123 (59)	117 (352)

3.2.2.2. Après supplémentation

Au cours de la dernière semaine de la supplémentation, les quantités moyennes de sauces consommées par individu selon les quatre classes d'âge et selon le groupe montre également une forte variabilité des valeurs d'un groupe à l'autre (cf. tableau 10).

Tableau 10: Distribution de la consommation individuelle moyenne de sauce (en g) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage (Effectifs entre parenthèses)

Classes d'âges	OH ₂	OS ₂	PR ₂	TH ₂	TS ₂	Moyenne
<6 ans	40 (46)	46 (33)	36 (33)	68 (45)	51 (42)	48 (199)
6 à 10 ans	88 (45)	85 (23)	69 (35)	121 (32)	97 (40)	92 (175)
10 à 15 ans	121 (27)	126 (40)	85 (26)	189 (20)	105 (28)	122 (141)
15 ans et +	132 (92)	130 (78)	94 (98)	156 (89)	148 (84)	131 (441)

Les valeurs moyennes du second passage sont supérieures à celles du premier passage.

La distribution très étendue des consommations entraîne des différences très fortes selon que l'on utilise pour présenter les valeurs de chaque groupe la moyenne ou la médiane (cf. tableau 11).

Tableau 11: Distribution des médianes de consommations individuelles de sauces (en g) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage.

Classes d'âges	OH ₂	OS ₂	PR ₂	TH ₂	TS ₂
<6 ans	28	30	26	31	33
6 à 10 ans	77	79	54	87	71
10 à 15 ans	111	94	72	107	84
15 ans et +	113	110	80	102	99

3.2.2.3. Avant et après supplémentation

En considérant les deux passages, la quantité moyenne de sauces consommée augmente avec l'âge (cf. tableau 12).

Tableau 12: Distribution de la consommation individuelle moyenne de sauce (en g) selon la classe d'âge au deux passages.

Classe d'âge	< 6 ans	6 à 10 ans	10 à 15 ans	15 ans et +
Qtité* de sauces consommée / repas	42	84	109	125
Médiane	28	67	84	95
Nombre de sauces	341	303	255	766

*: Quantité

3.2.3. Teneur en carotènes des sauces

3.2.3.1. Avant supplémentation

Au premier passage, la teneur moyenne en carotènes des sauces pour l'ensemble des 5 groupes est de 20 µg d'équivalent rétinol (ER) pour 100 g de sauce.

Trois sauces sur l'ensemble des 101 sauces appartenant respectivement aux groupes TS₁, OS₁ et PR₁ présentent de fortes teneurs en carotènes de 228, 195 et 165 µg ER / 100 g de sauce. Ces 3 sauces étaient à base de feuilles fraîches (feuilles "d'oseille", ou de "yinkun").

3.2.3.2. Après supplémentation

Après l'intervention, les teneurs moyennes en carotènes des sauces sont de 36, 40, 152, 171 et 182 respectivement pour les groupes TH₂, TS₂, OH₂, OS₂ et PR₂.

A ce passage, les sauces des groupes témoins présentent une légère amélioration de l'apport moyen en carotènes. Cette augmentation est due à une utilisation de feuilles fraîches notamment les feuilles "d'oseille" (4 sauces) et les feuilles de "yinkun" (2 sauces) (cf. tableau 13 a et b).

Tableau 13a: Teneur moyenne en équivalent rétinol (µg ER / 100g) des sauces préparées et consommées selon le type de supplémentation.

Groupe	Passage 1		Test	Passage 2	
	Effectif	Teneur		Effectif	Teneur
<i>Témoins: TH + TS</i>	38	21,2	NS	55	38,0 ^a
<i>Supplémentés oseille: OH + OS</i>	42	17,3	***	60	161,2 ^b
<i>Supplémenté RPO: PR</i>	21	21,0	**	30	182,0 ^b

NS: différence non significative, **: p< 0,01; ***: p <0,001

a, b: une lettre en exposant différente entre deux groupes correspond à une différence significative avec p<0.05.

Tableau 13b: Comparaison de la teneur moyenne en équivalent rétinol ($\mu\text{g ER} / 100\text{g}$) des sauces préparées et consommées d'un passage à l'autre.

Groupe	Moyenne		
	Passage 1	Test	Passage 2
OH	16.69	**	151.61 ^a
OS	17.8	***	170.86 ^a
PR	21.0	**	181.64 ^a
TH	15.77	NS	35.57 ^b
TS	27.22	NS	39.94 ^b
Moyenne	19.70	-	-

NS: différence non significative, **: $p < 0,01$; ***: $p < 0,001$,

a, b: une lettre en exposant différente entre deux groupes correspond à une différence significative avec $p < 0.05$.

Les sauces des groupes supplémentés présentent une augmentation significative par rapport au passage initial et aux témoins. Cette augmentation est encore plus importante au niveau du groupe PR ayant reçu un complément d'huile de palme rouge.

Au niveau des groupes (OH₂, OS₂ et PR₂) supplémentés avec une source de carotènes, seule une partie des sauces rencontrées le jour de l'enquête contenait ce supplément. Cela implique que les teneurs moyennes de ces groupes mentionnées dans les tableaux 13a et 13b ne reflètent pas la réalité des sauces supplémentées en carotènes. Mais lorsque l'on sépare les sauces de ces trois groupes selon l'incorporation ou non du supplément de carotènes le jour de l'enquête, on observe une différence très significative entre les deux types de sauces dans chaque groupe (cf. tableau 13c).

Tableau 13c: Comparaison de la teneur moyenne en équivalent rétinol ($\mu\text{g ER} / 100 \text{ g}$) des sauces selon l'incorporation ou non du supplément de carotènes dans les groupes OH₂, OS₂ et PR₂.

Groupe	OH ₂		OS ₂		PR ₂	
	non	Oseille	non	oseille	non	RPO
Présence de carotènes	non	Oseille	non	oseille	non	RPO
Nombre de sauces	17	13	13	17	16	14
Teneur en rétinol	23.5	319.1	32.9	276.4	31.1	353.7
Moyenne (absurde)	151.6		170.9		181.6	

3.2.3.3. Teneur moyenne en carotènes des différents types de sauces rencontrées au cours des deux passages

Le calcul de la teneur moyenne en équivalent rétinol des différents types de sauces rencontrées donne de très faibles valeurs pour les sauces à base de "gombo". Les sauces à base de

feuilles fraîches d'oseille présentent de fortes teneurs. Dans l'ensemble, toutes les teneurs ont évolué entre les deux passages (cf. tableau 14).

Tableau 14: Teneur moyenne en carotènes ($\mu\text{g ER} / 100 \text{ g}$) des sauces standards selon le passage.

Type de sauces	1 ^{er} passage		2 ^{ème} passage	
	Effectif	Teneur	Effectif	Teneur
Sauce "gombo"	94	13	82	17
Sauce "oseille"	1	228	37	280
Sauce "duntala"	1	50	1	132
Sauce "yunkun"	2	179	3	247
Sauce "baobab"	1	65	2	68
Sauce "kapok"	2	0.5	5	4
Sauce "haricot"	0	0	1	84
Sauce "choux"	0	0	1	13
Sauce "feuilles d'oignon"	0	0	1	116
Total	101	-	133	-

3.2.4. Ingérés en rétinol

3.2.4.1. Avant supplémentation

Avant l'intervention, la moyenne des ingérés individuels en rétinol selon la classe d'âge est très faible et varie d'un groupe à l'autre. Elle augmente suivant l'âge des rationnaires (cf. tableau 15).

Tableau 15a: Distribution de l'ingéré individuel moyen en rétinol (en $\mu\text{g ER}$) selon la classe d'âge et le groupe au premier passage.

Classes d'âges	OH ₁	OS ₁	PR ₁	TH ₁	TS ₁	Moyenne
<6 ans	4	6	3	6	8	5 (142)
6 à 10 ans	11	16	7	13	17	13 (128)
10 à 15 ans	13	25	60	31	26	30 (114)
15 ans et +	15	18	28	37	25	25 (325)

*: Effectifs

Il n'existe pas de différence significative entre la distribution de la moyenne et celle de la médiane des ingérés en rétinol au premier passage (cf. tableau 15b).

Tableau 15b: Distribution de la médiane de l'ingéré individuel en rétinol (en $\mu\text{g ER}$) selon la classe d'âge et le groupe au premier passage.

Classes d'âges	OH ₁	OS ₁	PR ₁	TH ₁	TS ₁
<6 ans	2	2	3	3	4
6 à 10 ans	9	3	6	7	8
10 à 15 ans	12	5	11	10	10
15 ans et +	11	6	10	16	15

*: Effectifs

De ce fait, l'état alimentaire des 5 groupes était identique avant la supplémentation.

3.2.4.2. Après supplémentation

Les valeurs moyennes des ingérés individuels en rétinol connaissent une légère augmentation au niveau des groupes témoins. Cette augmentation est encore plus importante au niveau des groupes supplémentés en feuilles fraîches d'oseille ou en huile de palme rouge (cf. tableau 16).

Tableau 16: Distribution de l'ingéré individuel moyen de rétinol (en $\mu\text{g ER}$) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage

Classes d'âges	OH ₂	OS ₂	PR ₂	TH ₂	TS ₂
<6 ans	72	94	77	15	12
6 à 10 ans	182	137	189	33	19
10 à 15 ans	289	289	163	35	27
15 ans et +	284	236	179	53	80

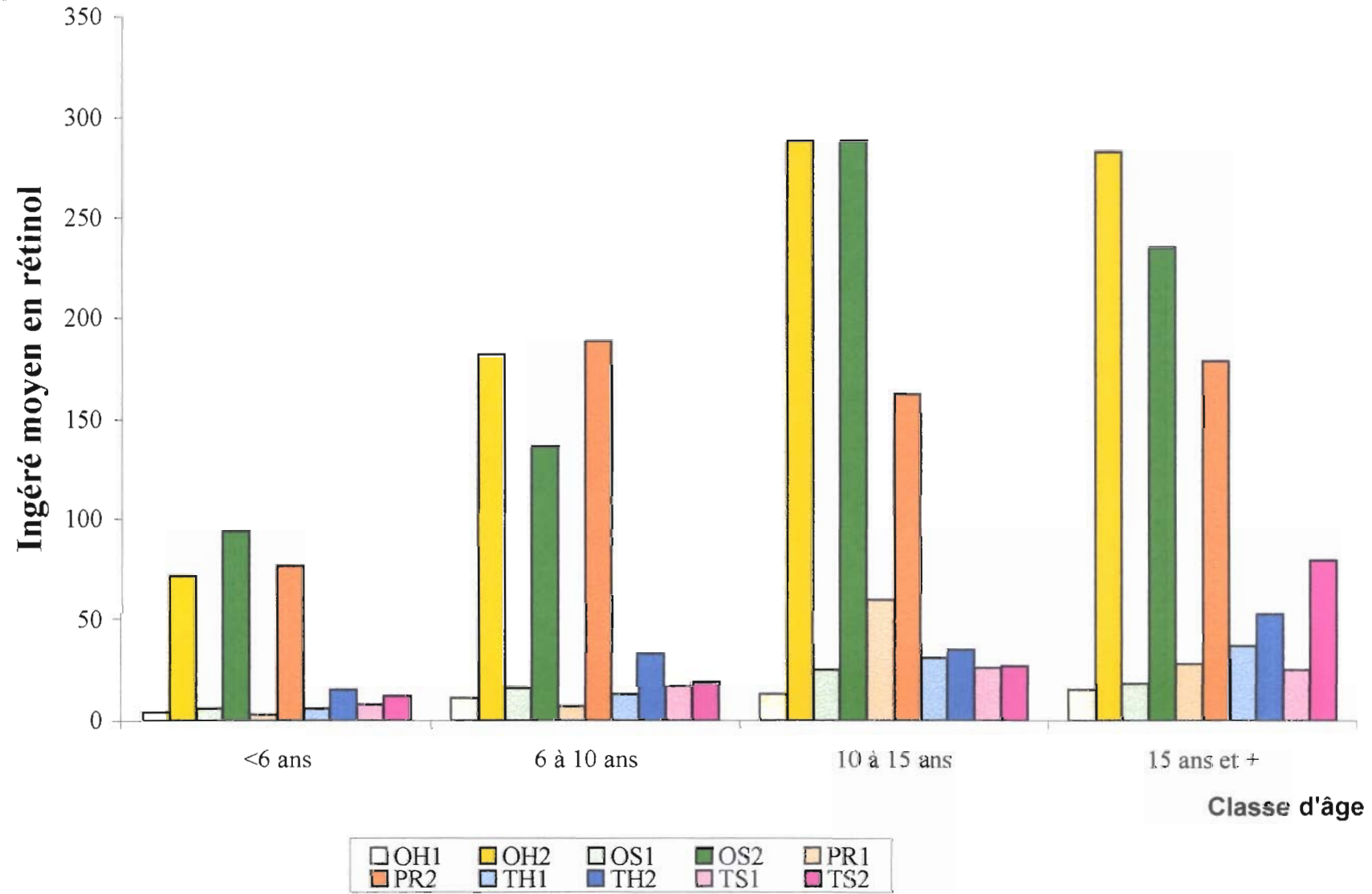
La distribution très étendue des ingérés en rétinol entraîne des différences très fortes selon que l'on utilise pour présenter les valeurs de chaque groupe la moyenne ou la médiane (cf. tableau 17).

Tableau 17: Distribution de la médiane de l'ingéré individuel de rétinol (en $\mu\text{g ER}$) selon la classe d'âge et le groupe au deuxième passage.

Classes d'âges	OH ₂	OS ₂	PR ₂	TH ₂	TS ₂
<6 ans	6	48	21	3	3
6 à 10 ans	29	31	90	8	8
10 à 15 ans	71	200	25	11	11
15 ans et +	82	163	67	11	13

La comparaison de la moyenne des ingérés individuels en rétinol selon la classe d'âge et le groupe entre le premier et le second passages est illustrée par le graphique 3.

Graphique 3 : Comparaison des ingérés individuels en rétinol selon la classe d'âge avant et après supplémentation



3.2.4.2.1. Ingéré individuel en rétinol selon le supplément de carotènes distribué au groupes OH₂, OS₂ et PR₂.

La différence observée entre la moyenne de l'ingéré individuel en rétinol et la médiane nous a conduit à faire une analyse en fonction de l'incorporation ou non du supplément de carotènes dans les sauces des groupes OH₂, OS₂ et PR₂ le jour de l'enquête. Ainsi, les valeurs moyennes relevées selon la classe d'âge et le groupe montrent que les sauces supplémentées permettent aux rationnaires d'ingérer de fortes quantités de rétinol (cf. tableau 18).

Tableau 18: ingéré moyen de rétinol selon l'incorporation ou non du supplément de carotènes et selon la classe d'âge au niveau des groupes OH₂, OS₂ et PR₂.

Groupe	OH ₂		OS ₂		PR ₂	
Présence de carotènes	non	oseille	non	oseille	non	RPO
Nombre de sauces	17	13	13	17	16	14
< 6 ans	19	183	3	161	16	134
6 à 10 ans	19	369	28	238	15	319
10 à 15 ans	36	605	40	456	9	341
15 ans et +	21	558	17	424	31	333

Les valeurs élevées des sauces contenant le supplément de carotènes masquent celles des sauces non supplémentées des deux tableaux précédents. Au niveau du groupe PR₂, les valeurs moyennes de l'ingéré en rétinol selon la classe d'âge sont faibles par rapport à celles des groupes OH₂ et OS₂.

3.2.5. Couverture des besoins en rétinol

Le modèle alimentaire burkinabé est généralement constitué de deux repas par jour composé d'un plat de céréales accompagné d'une sauce. En supposant que chacun de ces deux repas apporte les mêmes rations, un plat de sauce devra couvrir environ la moitié des besoins journaliers. C'est sur cette base et selon la classification des ingérés individuels en rétinol (cf. annexe 12), que le niveau de couverture des besoins journaliers a été établi.

3.2.5.1. Couverture des besoins avant la supplémentation

Avant la supplémentation, 7 individus sur 709 arrivent à couvrir leur besoins journaliers en vitamine A sur l'ensemble de la population enquêtée. Ce qui représente un taux de couverture de 1%. Aucun enfant de moins de 6 ans n'arrive à couvrir ses besoins à partir de la consommation des sauces (cf. tableau 19).

Tableau 19: Nombre de personnes couvrant leurs besoins journaliers par rapport à l'effectif de même classe d'âge et du même groupe au premier passage.

Classes d'âges	OH ₁	OS ₁	PR ₁	TH ₁	TS ₁	Total
<6 ans	0/34	0/23	0/21	0/35	0/29	0/142
6 à 10 ans	0/31	1/20	0/26	0/23	1/28	2/128
10 à 15 ans	0/18	1/27	1/20	0/19	0/30	2/114
15 ans et +	0/72	1/52	1/69	1/73	0/59	3/325
Total	0/155	3/122	2/136	1/150	1/146	7/709

3.2.5.2. Couverture des besoins après la supplémentation

Le niveau de couverture des besoins après l'intervention s'est légèrement amélioré au niveau des groupes témoins par rapport au passage initial. Quatorze personnes sur 380 arrivent à couvrir leurs besoins en vitamine A à partir de la consommation des sauces préparées. Ce nombre correspond à 4 % des rationnaires de ces groupes. Mais seulement 1 enfant sur 87 arrive à couvrir ses besoins. Cette amélioration est plus significative au niveau des groupes ayant un reçu un supplément de carotènes. Les taux de couvertures pour l'ensemble des rationnaires des groupes PR₂, OH₂ et OS₂ sont respectivement 23 %, 32% et 34 % (cf. tableau 20).

Tableau 20: Nombre de personnes couvrant leurs besoins journaliers en vitamine A par rapport à l'effectif de même classe d'âge et du même groupe au deuxième passage.

Classes d'âges	OH ₂	OS ₂	PR ₂	TH ₂	TS ₂	Total
<6 ans	6/46	5/33	4/33	0/45	1/42	15/199
6 à 10 ans	14/45	8/23	10/35	1/32	1/40	34/175
10 à 15 ans	10/27	13/40	7/26	0/20	0/28	30/141
15 ans et +	37/92	33/78	23/98	7/89	4/84	104/441
Total	67/210	59/174	44/192	8/186	6/194	183/956

Chez les enfants de moins de 6 ans, les pourcentages sont respectivement 12, 13 et 15 pour les groupes PR₂, OH₂ et OS₂.

3.2.5.2.1. Couverture des besoins en rétinol selon le supplément de carotènes.

Selon l'incorporation ou non du supplément distribué aux groupes OH₂, OS₂ et PR₂, la différence est nette entre la couverture des besoins à partir de la consommation des sauces supplémentées et de celles non supplémentées (cf. tableau 21). Les sauces supplémentées couvrent respectivement les besoins journaliers de 68%, 61% et 43% des rationnaires qui les ont consommées.

Tableau 21: Nombre de personnes couvrant leurs besoins journaliers en vitamine A par rapport à l'effectif de même classe d'âge et du même groupe à partir de la consommation des sauces contenant ou non le supplément de carotènes.

Groupe	OH ₂		OS ₂		PR ₂	
Présence de carotènes	non	oseille	non	oseille	non	RPO
Nombre de sauces	17	13	13	17	16	14
< 6 ans	1/31	5/15	0/14	5/19	1/16	3/17
6 à 10 ans	1/24	13/21	1/11	8/12	0/15	10/20
10 à 15 ans	0/15	9/12	0/16	13/24	0/11	7/12
15 ans et +	0/47	37/45	0/36	33/42	1/48	22/48
Total	2/117	64/93	1/77	59/97	2/90	42/97

3.2.5.3. Densité vitaminique

En fonction des quantités moyennes consommées et des besoins liés à l'âge et au sexe, nous pouvons calculer la densité vitaminique minimale d'une sauce pour assurer lors d'un repas la moitié de la couverture des besoins journaliers.

3.2.5.3.1. *Avant la supplémentation*

Cette densité est de l'ordre de 338 µg ER pour 100 g de sauce pour les enfants de 6 ans et plus, les pré-adolescents et les adultes. Pourtant, la teneur moyenne en rétinol des sauces du premier passage est de 20 µg ER pour 100 g. Dans ce cas, aucune des 101 sauces n'assure la couverture de la moitié des besoins journaliers.

En ce qui concerne les enfants de moins de 6 ans, compte tenu de leur capacité d'ingestion réduite, la densité vitaminique des sauces doit être plus élevée (645 µg ER / 100 g) (cf. tableau 22).

Tableau 22: Densité vitaminique et nombre de sauces en fonction de la quantité de sauce consommée par chaque classe d'âge au premier passage.

Classes d'âge	QMSC ^a	Seuil ^b	DVS ^c	Nbre de sauces > DVS
< 6 ans	31	200	645	0
6 à 10 ans	74	250	338	0
10 à 15 ans	92	300	326	0
15 ans et +	117	300	256	0

^a QMSC: Quantité Moyenne de Sauce Consommée à chaque repas.

^b Apport en rétinol nécessaire calculé à raison de 2 repas par jour équivalents en quantité.

^c DVS: densité de vitamine A en µg ER / 100 g de sauce, calculé en fonction de la teneur théorique de la sauce nécessaire pour couvrir les besoins

3.2.5.3.2. Après la supplémentation

Après la supplémentation, la densité minimale des sauces nécessaire pour couvrir les besoins en vitamine A chez les enfants de moins de 6 ans est respectivement de 333 µg ER /100 g de sauce, 465 et 556 µg ER / 100 g pour les groupes témoins, ceux supplémentés avec des feuilles fraîches d'oseilles et ceux ayant reçu de l'Huile de palme rouge (cf. tableau 23). Globalement, elle diminue suivant la classe d'âge et croît des groupes témoins à ceux supplémentés avec l'huile de palme rouge.

Tableau 23: Densité vitaminique et nombre de sauces en fonction de la quantité de sauce consommée par chaque classe d'âge au deuxième passage.

Gr.Alim.	Teneur moyenne	Classe d'âge	< 6 ans	6 à 10 ans	10 à 15 ans	15 ans et +
		Seuil ^b	200	250	300	300
Témoins	38	QMSC ^a	60	95	114	140
		DVS ^c	333	263	263	214
		Nb Sce ^d >DVS	0/55	1/55	1/55	2/55
Oseilles	161	QMSC	43	87	124	131
		DVS	465	287	242	229
		Nb Sce ^d >DVS	2/60	15/30	21/60	22/60
Huile de palme rouge (PR ₂)	182	QMSC	36	69	85	94
		DVS	556	362	353	319
		Nb Sce ^d >DVS	2/30	4/30	5/30	5/30

^a QMSC: Quantité Moyenne de Sauce Consommée à chaque repas.

^b Apport en rétinol nécessaire calculé à raison de 2 repas par jour équivalents en quantité.

^c DVS: densité de vitamine A en µg ER / 100 g de sauce, calculé en fonction de la teneur théorique de la sauce nécessaire pour couvrir les besoins.

^d Nombre de sauces dont la teneur en rétinol est supérieure à la DVS.

Dans l'ensemble, les quantités moyennes de sauces consommées sont plus élevées chez les témoins par rapports aux groupes supplémentés en carotènes. Cela se traduit par des densités plus faibles chez les témoins.

4. DISCUSSION

4.1. Méthodes utilisées

Deux techniques (une enquête par pesée et un dosage) ont été utilisées pour effectuer ce travail.

4.1.1. *Enquête par pesée*

L'enquête par pesée est une enquête alimentaire par enregistrement à l'opposé des enquêtes alimentaires de fréquence ou par rappel basées sur l'interrogation des sujets enquêtés. Parmi les enquêtes d'estimation des apports nutritionnels, celle par pesée constitue une référence parce qu'elle permet de résoudre beaucoup de difficultés que posent l'utilisation des autres types d'enquête.

- Elle fournit des informations précises puisqu'en principe tous les ingrédients entrant dans la composition du plat étudié ont été relevés et pesés (Herbeth B., et al. 1989). Selon Mansour (1997), la connaissance de la composition des repas ainsi que le support de l'enquête utilisée constituent des éléments fondamentaux dans la validité d'une enquête alimentaire. La méthode de l'interrogation devrait être personnalisée, car même quand celle-ci est maximisée, ses résultats diffèrent significativement de ceux obtenus par la méthode de la pesée.
- Elle est la seule pouvant être retenue dans une étude portant sur l'alimentation de personnes illettrées (Cubeau J. et al., 1979).
- Malgré sa lourdeur due à la présence de l'enquêteur dans le ménage durant la préparation du repas et sa consommation par les rationnaires, cette technique permet d'apprécier les apports insuffisants en carotènes sur la base de leur estimation quantitative (Delisle, 1996). Elle permet aussi d'apprécier indirectement les risques de carence en vitamine A par l'identification des individus ou groupes à risque de carence.

En théorie, la méthode par pesée doit s'effectuer pendant 3 jours consécutifs dans chaque ménage (Mansour, 1997). Cependant, Dop (1994) a montré que la fréquence élevée des pesées alimentaires et la présence des enquêteurs dans le ménage coupent l'appétit des enfants entraînant ainsi une diminution de leur poids après la période d'enquête et par conséquent, une baisse des ingérés journaliers pendant l'enquête due à "l'effet des instruments". Face à ces deux problèmes et en fonction de notre objectif (connaître les apports en carotènes par groupe de ménages), un seul passage par ménage avant et après la supplémentation a été suffisant pour fournir une base d'analyse.

4.1.2. Dosage par la technique HPLC

La technique de dosage par HPLC est la méthode la plus performante par rapport aux autres méthodes de chromatographie et de colorimétrie (Gevry, 1999). De ce fait, elle est considérée de nos jours, comme la méthode de référence.

4.1.3. Estimation des apports en carotènes des sauces en milieu urbain

Les résultats du dosage par la technique HPLC constituent une référence pour toutes les autres méthodes d'estimation des apports en carotènes. Ainsi leur utilisation permet de corriger et d'ajuster les résultats obtenus par la technique par pesée et d'obtenir des valeurs très proches de la réalité.

Après que les différentes corrections aient été apportées aux résultats obtenus par la technique par pesée, les teneurs en carotènes de quelques sauces (2 sauces) restent très éloignées de celles obtenues par la méthode de référence. Pour l'une des familles, la sauce préparée le jour de l'enquête était à base de "gombo sec" et de viande de bœuf. La sous-estimation pourrait provenir de la teneur en carotènes du "gombo sec" utilisé. Ce "gombo" a pu être séché par une technique de séchage qui conserve partiellement les caroténoïdes (son stockage fait dans de bonnes conditions à l'abri de la lumière). Quand à l'autre famille qui a préparé une sauce à base de feuilles fraîches d'oseille (641 g de feuilles d'oseille fraîches et 18 g de potasse solide) le jour de l'enquête, la surestimation de la teneur en carotène de sa sauce pourrait s'expliquer par la teneur en carotènes de ces feuilles qui avaient peut être perdu une partie importante de leurs carotènes suite à une exposition prolongée à la lumière ou à une cuisson trop longue ayant conduit à une forte dégradation des caroténoïdes.

4.1.4. Elaboration d'une table rétinol révisée

L'IVACG (1999), estime que les valeurs de caroténoïdes fournies par les tables de composition doivent être évaluées pour les accorder avec les quantités de caroténoïdes réellement ingérées à partir de la consommation des aliments. Grâce à la confrontation des résultats de la teneur en carotènes des sauces du milieu urbain obtenus par dosage HPLC et ceux obtenus par le calcul, nous avons pu améliorer notre table rétinol. L'application de cette nouvelle table en milieu rural permettra de minimiser à la fois les erreurs relevées lors de la confrontation des résultats du milieu urbain et l'important degré d'erreur que peut comporter le calcul des teneurs et apports en équivalent rétinol lorsque la majeure partie de la vitamine A est apportée sous forme de caroténoïdes (Hercberg, 1991; Narasinga Rao, 1996).

4.1.5. Méthode de calcul des apports en équivalent Rétinol

En général au niveau de l'estimation des apports en carotènes, les méthodes utilisées sont coûteuses, lourdes à mettre en œuvre et posent de nombreux problèmes tant dans le recueil des données que dans la transformation des données en équivalents rétinol. Pour résoudre ce problème, la FAO (1990) recommande l'utilisation de la méthode par pesée impliquant les calculs de consommations individuelles à l'aide de coefficients dans les milieux ruraux des pays en développement où la variabilité des aliments est souvent limitée et la production ménagère très importante (Pekkarinen, 1970). Ainsi selon le nombre de rationnaires mangeant dans chaque plat, les consommations individuelles peuvent être enregistrées en fonction de l'âge, du sexe et de l'état physiologique des consommateurs grâce à l'utilisation d'un coefficient de pondération (Gibson, 1990). Pour gérer l'ensemble des calculs, nous avons appliqué une méthode de calcul matriciel pour l'estimation des apports en carotènes des sauces en milieu urbain en 1998 (Kangambega, 1998). La technique de calcul matriciel utilisée pour l'estimation des ingérés en vitamine A est très innovatrice, car elle est très rapide et facile à mettre en œuvre; elle pourrait être appliquée au calcul des ingérés de plusieurs nutriments à la fois. L'utilisation de cette technique de calcul et des coefficients de pondération solutionne en partie la recommandation de Buzzard et Sievert (1994) pour la mesure des ingérés individuels difficiles à déterminer dans le cas où les rationnaires mangent dans un plat commun.

4.2. Etude de la supplémentation en milieu rural

4.2.1. Composition des sauces

4.2.1.1. Sauces rencontrées au premier passage

Au premier passage, 93 % de sauces rencontrés sont à base de "gombo sec". Ce type de sauce peut être considéré comme la sauce de base dans le village à cette période de l'année (saison sèche). Cette sauce se caractérise par un nombre d'ingrédients très faible et une quantité de produits animaux (poisson) également très faible.

4.2.1.2. Sauces rencontrées au deuxième passage

Après la phase de supplémentation (à 8 semaines du premier passage et au cours de la dernière semaine de supplémentation), parmi les 9 types de sauces rencontrés, la sauce à base de "gombo sec" occupe toujours la première place avec un taux de 65 %. Pourtant, par rapport au passage initial, ce taux présente une baisse de 28 %. Cette baisse artificielle est due à notre intervention par la distribution de 2 à 3 fois par semaine des suppléments de feuilles fraîches d'oseille, car les sauces à base de ces feuilles passent de 1 % (1/101 sauces) à 26 % entre le

premier et le deuxième passages. Ces observations confirment l'hypothèse selon laquelle la sauce à base de "gombo sec" constitue la sauce de base dans le village, malgré l'apparition des feuilles fraîches au deuxième passage.

Les pourcentages élevés de sauces à base de feuilles fraîches d'oseille dans les 2 groupes ayant reçu ces feuilles en supplémentation (respectivement 57 % et 43 % pour les groupes OS₂ et OH₂), montrent que les ménages de ces groupes ont bien suivi les indications de l'étude.

Au niveau des groupes témoins (TS₂ et TH₂) et du groupe PR₂ qui ne recevaient pas de feuilles d'oseilles, il existe malgré tout une légère augmentation du nombre de sauces à base de feuilles fraîches d'oseille. Cette légère augmentation s'explique par l'évolution des modèles alimentaires due à l'apparition des produits frais. En effet, le relevé de la fréquence de consommation des sauces au cours des deux mois de supplémentation montre que la fréquence de consommation de sauces à base de feuilles "d'oseille" double au cours du deuxième mois par rapport au premier mois surtout au niveau des groupes témoins et du groupe PR (Ayassou, 1999) (cf. tableau 24).

Tableau 24: Evolution des fréquences (en pour-cent) des principales sauces consommées entre le premier et le deuxième mois de supplémentation.

Groupe	Gombo	Oseille	Bulvaka	Yinkun	Baobab
<i>OH</i>	48 ^a - 45 ^b	24 - 27	7 - 4	5 - 8	8 - 4
<i>OS</i>	45 - 44	29 - 33	10 - 4	5 - 7	6 - 4
<i>PR</i>	48 - 46	10 - 21	11 - 4	6 - 6	11 - 7
<i>TH</i>	55 - 48	10 - 20	9 - 5	7 - 6	8 - 4
<i>TS</i>	57 - 54	9 - 21	7 - 4	4 - 4	8 - 4

^afréquences relevées au cours du 1^{er} mois de supplémentation, ^bfréquences relevées au cours du 2^{ème} mois de supplémentation, ^cvaleur non relevée.

Cette augmentation de la fréquence de consommation de sauces à base de feuilles d'oseille d'un mois à l'autre s'est faite aux dépens des autres types de sauces notamment celles à base de "gombo sec". Cette observation démontre qu'il est possible de modifier les modèles alimentaires.

Le relevé de la fréquence de consommation des sauces au cours des deux mois de supplémentation révèle une fréquence moyenne de consommation de sauces à base de "gombo sec" de 60 % dans les groupes témoins et le groupe PR. Par rapport à cette observation longitudinale, les deux enquêtes effectuées transversalement avant la supplémentation et durant la dernière semaine de supplémentation donnent respectivement des valeurs de 93 % et de 65 % de sauces à base de "gombo sec" (cf. tableau 25).

Tableau 25: Fréquence (en pour-cent) des principales sauces consommées au cours des 2 mois de supplémentation.

Groupe	Gombo	Oseille	Bulvaka	Yinkun	Baobab
TH	60	18	8	7	7
TS	64	17	7	5	7
OH	52	29	7	7	7
OS	48	33	7	6	5
PR	55	16	9	7	12

Ces forts pourcentages observés au niveau de l'enquête alimentaire par pesée par rapport à ceux du relevé des sauces impliquent que cette enquête alimentaire a introduit un biais sur les comportements alimentaires du village. Ce biais pourrait s'expliquer par une contrainte inavouée des ménages liée à la présence des enquêteurs chez eux. Selon les superviseurs, certaines ménagères ont préparé une sauce à base de "gombo sec" (très rapide à cuire) à la place d'un autre type de sauce. Cela est dû au fait qu'elles n'ont pas pu aller chercher l'ingrédient de base de cet autre type de sauce. En effet, l'enquête par pesée de la totalité des ingrédients nécessite la coopération franche et parfaite de l'enquêteur et de la ménagère sur certains paramètres. En revanche, celle par relevé de la fréquence de consommation est plus légère (parce que moins encombrante et moins contraignante pour les ménages) et introduit de ce fait moins de biais dans le recueil des données. Ainsi, elle modifie très peu les comportements alimentaires chez une population consentante et préparée pour ce type d'étude comme ce fut le cas de notre échantillon.

Face à ce biais de la méthode par pesée, pour l'estimation des apports en un nutriment donnée, nous préconisons à l'avenir une utilisation combinée de la méthode par relevé et de celle par dosage d'échantillons des principaux types de sauces par la technique HPLC.

4.2.2. Consommation des Sauces

4.2.2.1. Avant la supplémentation

Au premier passage, de façon globale, les consommations moyennes de sauces augmentent avec l'âge. Cependant, les valeurs des groupes PR₁, TH₁ et TS₁ sont plus élevées par rapport à celles des 2 autres groupes. Ceci est probablement dû à l'utilisation de feuilles fraîches ("oseille", "yinkun" et "bulvaka") dans ces groupes, car c'est la seule différence qui existe entre les modèles de sauces de ces trois groupes comparés aux 2 autres.

4.2.2.2. Après la supplémentation

Les quantités de sauces consommées varient d'un groupe à l'autre. L'augmentation des consommations moyennes au niveau des groupes OH₂ et OS₂ (au deuxième passage) par rapport

aux groupes OH₁ et OS₁ (au premier passage) pourrait s'expliquer par l'utilisation des feuilles d'oseilles dans certaines de leurs sauces, car les feuilles fraîches pèsent plus que le "gombo sec". C'est également le cas chez les témoins (TH₂ et TS₂) où il y a eu plus d'utilisation de feuilles fraîches dans les sauces par rapport aux témoins du premier passage et au groupe PR₂.

4.2.3. *Teneur en carotènes des sauces*

4.2.3.1. Avant supplémentation

Avant l'intervention, il y avait une certaine uniformité au niveau des sauces. Ainsi, leur faible teneur en carotènes est caractéristique de la pauvreté de l'alimentation de cette population pendant cette période de l'année caractérisée par l'absence de produits frais. Cette moyenne de 20 µg ER pour 100 g de sauce, est très insuffisante pour couvrir les besoins en vitamine A à cette période de l'année où la sauce constitue la seule source de caroténoïdes de l'alimentation.

4.2.3.2. Après supplémentation

En se référant aux résultats du passage initial (avant supplémentation), on observe une augmentation de la teneur en carotènes des sauces des 5 groupes au second passage. Pour les témoins, cela peut s'expliquer par l'évolution de l'alimentation liée à l'apparition de produits frais. Quant à ceux ayant reçu un supplément de carotènes sous forme de feuilles fraîches, elle est dû à priori à la quantité suffisante d'oseille distribuée. Cependant cette teneur reste inférieure à celle du groupe PR (supplémenté en RPO). Cela s'explique par le fait que la quantité d'oseille distribuée correspond à la quantité limite habituellement utilisée par les ménages et par la forte teneur en carotènes du RPO (28 000 µg ER / 100 g).

La teneur moyenne en équivalent rétinol des sauces contenant le supplément de carotènes présente une différence significative par rapport à celles qui n'en contenaient pas. Ceci est due à la teneur élevée en carotènes des suppléments de feuilles fraîches d'oseilles qui ont été utilisées dans ces sauces. Cette différence est encore plus significative au niveau du groupe PR₂. Cette différence s'explique par la forte teneur en carotènes de l'huile de palme rouge, qui est considérée comme le produit le plus riche en carotènes du règne végétal (28 000 µg ER / 100 g) (McLaren et Frigg, 1997).

4.2.3.3. Teneur en carotènes des différents types de sauces au cours des deux passages

L'augmentation de la teneur moyenne en carotènes des sauces à base de "gombo sec" au second passage est due à l'utilisation d'huile de palme rouge dans une de ces sauces. L'exclusion de cette sauce donne une teneur moyenne de 13 µg ER / 100 g de sauce identique à celle des

saucés à base de "gombo sec" du passage initial. L'amélioration de l'apport en carotènes des différents types de saucés après l'intervention pourrait s'expliquer au niveau des saucés à base de feuilles d'oseilles par leur nombre élevé par rapport au premier passage.

4.2.4. Ingérés en rétinol

4.2.4.1. Avant supplémentation

Au premier passage, les valeurs moyennes des ingérés individuels sont très faibles par rapports aux besoins journaliers en vitamine A surtout chez les enfants. Cependant, nous notons une augmentation de cet ingéré en rétinol avec la classe d'âge liée à l'augmentation des quantités consommées de saucés. Les plus jeunes enfants dont les besoins sont trois fois plus élevés par kg de poids corporel que ceux de l'adulte, se retrouvent avec une valeur moyenne très basse en raison de leur capacité de d'ingestion réduite.

Le groupe PR₁ présente des valeurs élevées par rapport aux autres. Ceci peut être dû à l'utilisation des feuilles fraîches d'oseille et de "yinkun" riches en carotènes (689 µg ER / 100 g de feuilles fraîches d'oseille et 610 µg ER / 100 g de feuilles fraîches de "yinkun") dans 2 ménages de ce groupe.

4.2.4.2. Après supplémentation

Malgré la différence notée entre les moyennes des ingérés en carotènes et les médianes au deuxième passage, les ingérés individuels ont évolué par rapport au premier passage. Au niveau des témoins comme des groupes supplémentés avec des feuilles fraîches d'oseille, cette augmentation est due à l'utilisation des feuilles fraîches. Le nombre de saucés à base de feuilles fraîches passe de 1 à 5 entre le premier et le deuxième passages au niveau des groupes témoins. Chez les groupes OH₂ et OS₂, ce nombre passe de 1 à 31 à cause de la distribution du supplément de feuilles fraîches d'oseille. Cette fréquence élevée de la consommation des saucés à base de feuilles fraîches d'oseille riches en carotènes à ce passage, suivie de la diminution de celle des autres types de saucés explique la différence observée entre les moyennes et les valeurs médianes. Pour le groupe PR₂, l'augmentation de l'ingéré moyen en rétinol est essentiellement due à la distribution du supplément de carotènes sous forme d'huile de palme rouge. Cependant la valeur moyenne de l'ingéré en rétinol selon la classe d'âge dans ce groupe est faible par rapport à celle des groupes OH₂ et OS₂. Cette différence peut s'expliquer par la consommation d'une sauce plus riche en carotènes, mais ingérée en moindre quantité.

4.2.4.2.1. *Ingéré individuel en rétinol selon le supplément de carotènes distribué au groupes OH₂, OS₂ et PR₂.*

La différence de moyenne des ingérés individuels en rétinol persiste entre les groupes ayant reçu un supplément de feuilles fraîches d'oseilles et le groupe PR₂ supplémenté avec de l'huile de palme rouge. Une analyse des sauces dans lesquelles cette huile a été utilisée montre que parmi les 14 sauces, 12 sont des sauces à base de "gombo sec" et les autres à base de feuilles fraîches de "yinkun". Ainsi la différence mentionnée plus haut est peut être liée à celle qui existe entre les types de sauces rencontrés dans ces deux catégories de groupes supplémentées.

4.2.4.2.2. *Consommations moyennes de sauces à base de "gombo sec" ou de feuilles fraîches d'oseilles dans les groupes OH₂, OS₂ et PR₂.*

Afin de déceler la vraie cause de la différence entre les deux catégories de groupes étudiées dans le paragraphe précédant (OH₂, OS₂ et PR₂), nous avons orienté nos analyses vers les quantités moyennes consommées de sauces à base de "gombo sec" et celles à base de feuilles fraîches d'oseilles. Selon la classe d'âge et le groupe, les résultats montrent que la quantité moyenne de consommation d'une sauce à base de "gombo sec" est très faible et inférieure à celle d'une sauce à base de feuilles fraîches d'oseilles (cf. tableau 26).

Tableau 26: Distribution de la consommation individuelle moyenne des sauces à base de "gombo sec" ou de feuilles fraîches d'oseille (en g) selon la classe d'âge et les groupes OH₂, OS₂ et PR₂.

Type de sauce consommée	"Oseille"		"Gombo sec"
Classes d'âges	OH ₂	OS ₂	PR ₂
<6 ans	53	56	32
6 à 10 ans	112	93	62
10 à 15 ans	161	156	78
15 ans et +	175	161	88

Cette faible consommation des sauces à base de "gombo sec" est certainement due à l'aspect gluant de ce type de sauce et par ailleurs moins dense qu'une sauce à base de feuilles fraîches ou sèches. D'autre part, l'aspect gluant de la sauce à base de "gombo sec", ne permet pas aux rationnaires de prendre une grande quantité de sauce avec le "Tô". De plus les quantités de feuilles d'oseilles introduites dans les sauces rencontrées au cours de cette étude sont supérieures à celles de "gombo sec". Ces observations pourraient expliquer la différence entre les quantités de consommation de ces deux types de sauces. Pendant la consommation d'une sauce gluante, il suffit que le morceau de "Tô" soit légèrement mouillé par la sauce pour passer facilement à travers la gorge. Ce qui n'est pas le cas lorsqu'il s'agit d'une sauce non gluante comme celle à base

de feuilles d'oseilles. Le nombre d'équivalent rétinol qu'une personne peut ingérer au cours de la consommation d'une sauce est étroitement liée à sa capacité d'ingestion de la sauce elle-même.

4.2.5. Couverture des besoins en rétinol

4.2.5.1. Couverture des besoins avant la supplémentation

Le taux de couverture des besoins journaliers en vitamine A pour l'ensemble de la population est très faible. Chez les enfants d'âge préscolaire, la situation est encore plus grave. Aucun de ces enfants ne couvre ses besoins à partir des sauces préparées à cette période de l'année.

4.2.5.2. Couverture des besoins après la supplémentation

Ces résultats montrent pour l'ensemble des groupes, une évolution du taux de couverture des besoins selon la classe d'âge par rapport au passage initial. Au niveau des groupes témoins, cela est dû à l'apparition de produits frais riches en carotènes (feuilles vertes fraîches). Les sauces des groupes OH₂ et OS₂ présentent des apports suffisants pour couvrir les besoins journaliers en rétinol de plus de 30 % de la population. Celles du groupe PR₂ présentent des apports suffisants pour couvrir les besoins de près du tiers de la population. Le niveau de couverture des besoins journaliers en vitamine A est bas au niveau du groupe PR₂ par rapport à celui des deux autres. Pourtant, les sauces du groupe PR₂ ont la plus forte teneur moyenne en carotènes. Ce bas niveau de couverture s'explique alors par la différence qui existe entre les quantités moyennes consommées de sauces à base de "gombo sec" et celles à base de feuilles fraîches d'oseille (cf. tableau 26).

4.2.5.2.1. Couverture des besoins en rétinol selon le type de supplément de carotènes distribué.

Les sauces supplémentées avec les feuilles fraîches d'oseilles présentent des apports en carotènes suffisants pour couvrir les besoins journaliers de plus de 60% de la population. Celles du groupe OH₂ couvrent à elles seules les besoins de 33 % des enfants de moins de 6 ans. Les sauces supplémentées avec de l'huile de palme rouge sont essentiellement à base de "gombo sec". Ce type de sauce est très pauvre en carotènes (13 µg ER / 100 g). Malgré les faibles quantités consommées, la supplémentation d'une sauce à base de "gombo sec" permet de couvrir les besoins journaliers de 43 % de la population et de 17 % des enfants d'âge préscolaire.

Des travaux récents sur l'étude de la biodisponibilité des carotènes provenant de sources alimentaires différentes ont montré que seuls les carotènes contenus dans l'huile avaient un bon pouvoir d'absorption (50 %) (Boileau, Moore, Erdman, 1998). Par contre ceux contenus dans les

chloroplastes dans les complexes pigments-protéines ou dans les chromoplastes étaient beaucoup moins absorbées dans l'organisme (de Pee, West, Permaesih et al., 1998; Britton and Lietz, 1999). Ces nouvelles données impliquent que malgré les résultats obtenus par la supplémentation avec des feuilles fraîches d'oseilles (supérieures à ceux obtenus par la supplémentation à l'huile de palme rouge), seule l'huile de palme rouge présente un intérêt majeur pour augmenter de façon significative le niveau de couverture des besoins journaliers en vitamine A de la population.

4.2.5.3. Densité vitaminique

4.2.5.3.1. *Avant la supplémentation*

Aucune sauce lors passage initial ne présente une densité suffisante en vitamine A pour couvrir les besoins de la population (même chez les adultes qui consomment plus de sauce que les jeunes enfants). Cette situation pourrait s'expliquer par le pourcentage élevé des sauces à base de "gombo sec" (94 %). En effet la faible quantité ingérée de ce type de sauce influe énormément sur le calcul de la densité vitaminique.

4.2.5.3.2. *Après la supplémentation*

Au cours de la dernière semaine de la supplémentation, la densité vitaminique des sauces connaît une légère amélioration au niveau des groupes témoins par rapport au passage initial. Cela peut être dû aux sauces à base de feuilles fraîches qui ont été préparées dans ces groupes. Cependant les valeurs calculées restent faibles par rapport à celles des groupes supplémentés. Cela pourrait s'expliquer par le fait que les fortes quantités consommées de quelques sauces à base de produits frais dans ce groupe masquent partiellement les faibles valeurs de celles à base de produits secs.

Au niveau des groupes OS₂ et OH₂, supplémentés avec les feuilles fraîches d'oseilles, la diminution de la densité selon la classe d'âge observée est due à l'intervention, car les quantités consommées de sauces à base de feuilles fraîches sont plus élevées par rapport à celles des sauces à base de produits secs (cf. tableau 26). Ainsi, près de la moitié des sauces dans lesquelles ce supplément a été incorporé présente une densité vitaminique suffisante pour couvrir les besoins chez les personnes de plus de 6 ans. Cependant, malgré l'amélioration chez les enfants d'âge préscolaire, la situation reste encore préoccupante dans ces groupes.

Au niveau du groupe PR₂, les fortes densités comparées à celles des groupes supplémentés avec les feuilles fraîches d'oseilles s'expliquent par les faibles quantités consommées des sauces dans ce groupe (dûes au nombre élevé de sauces à base de "gombo sec").

4.2.5.3.3. Selon le modèle de sauce au deuxième passage.

La quantité moyenne de sauces consommées selon la classe d'âge dépend de l'ingrédient majoritaire utilisé pour la préparation de la sauce (cf. tableau 26). Ainsi lorsqu'il s'agit d'une sauce à base de "gombo sec" contenant ou pas de l'huile de palme rouge, la densité vitaminique nécessaire pour couvrir les besoins chez les enfants d'âge préscolaire est de 625 µg ER pour 100 g de sauce. Tandis qu'elle est de 364 µg ER pour 100 g lorsqu'il s'agit d'une sauce à base de feuilles fraîches d'oseille (cf. tableau 27).

Tableau 27: Densité vitaminique des deux modèles de sauces majoritaires en fonction de la quantité de sauce consommée par chaque classe d'âge au niveau des groupes PR₂, OH₂ et OS₂.

Type de sauce	Teneur moyenne	Classe d'âge	< 6 ans	6 à 10 ans	10 à 15 ans	15 ans et +
		Seuil ^b	200	250	300	300
"Gombo sec"	38	QMSC ^a	32	62	78	88
		DVS ^c	625	403	385	341
		Nb Sce ^d >DVS	2/30	4/30	4/30	4/30
Feuilles d'oseilles	161	QMSC	55	103	159	168
		DVS	364	243	189	179
		Nb Sce ^d >DVS	6/30	20/30	25/30	26/30

^a QMSC: Quantité Moyenne de Sauce Consommée à chaque repas.

^b Apport en rétinol nécessaire calculé à raison de 2 repas par jour équivalents en quantité.

^c DVS: densité de vitamine A en µg ER / 100 g de sauce, calculé en fonction de la teneur théorique de la sauce nécessaire pour couvrir les besoins.

^d Nombre de sauces dont la teneur en rétinol est supérieure à la DVS.

Les valeurs calculées au niveau des sauces à base de "gombo sec" sont très proches de celles du premier passage. Cela confirme notre hypothèse selon laquelle les fortes densités observées au premier passage seraient dues aux faibles quantités consommées de sauces à base de "gombo sec". Vingt pour-cent des sauces à base de feuilles fraîches d'oseilles présente une densité vitaminique suffisante pour couvrir les besoins journaliers en vitamine A chez les jeunes enfants (d'âge inférieur à 6 ans). Cette couverture augmente avec l'âge du fait des quantités de sauces ingérées.

4.3. Etude Comparée du modèle alimentaire en milieu urbain et rural

Il est nécessaire de comparer les données provenant de l'étude menée au troisième trimestre de 1998 en milieu urbain à celles provenant du premier trimestre de 1999 en milieu rural.

a) Au niveau de la Composition des sauces

- Type de sauces: en milieu urbain, 7 types de sauces ont été rencontrés et ces sauces n'accompagnaient pas uniquement des plats de "Tô". Il y avait en plus, des plats de riz, de couscous et de pâtes alimentaires. Par contre en milieu rural, toutes les sauces rencontrées dans les 5 groupes au premier passage ont été consommées avec des plats de "Tô".
- Nombre d'ingrédients: en milieu urbain, les ménages utilisent en moyenne de 12 ingrédients dans leurs sauces, contre 7 en milieu rural.
- Ingrédients sources de caroténoïdes: en dehors des 4 sauces à base de feuilles fraîches rencontrées au premier passage, la seule source importante de carotènes des sauces est le piment sec (teneur en carotènes = 4162 μg ER / 100 g), utilisé en très faible quantité (quelques grammes). Au deuxième passage, le nombre de sauces à base de produits frais a légèrement augmenté suite à l'apparition de produits frais.
- Ingrédients sources de protéines: contrairement au milieu urbain où la viande est utilisée dans plus de 50 % des ménages enquêtés et le poisson frais ou sec dans plus de 40 %, en milieu rural, la seule source de protéines dans les sauces est le poisson sec. De plus les quantités utilisées en milieu rural sont très faibles comparées à celles utilisées en milieu urbain.

b) Au niveau de la consommation des sauces

La quantité moyenne consommée de sauces selon la classe d'âge est plus élevée en milieu urbain qu'en milieu rural. En milieu urbain, elle est respectivement de 75 g, 150, 214 et 230 g pour les enfants de moins de 6 ans, les enfants de 6 à 10 ans, ceux de 10 à 15 ans et les adultes (les personnes de plus de 15 ans). Par contre en milieu rural, elle est seulement de 42 g, 84, 109, et 125 g respectivement pour les mêmes classes d'âge.

c) Au niveau de la teneur en carotènes des sauces

La teneur moyenne en carotènes des sauces en milieu urbain est de 83 μg pour 100 g de sauce, contre 20 μg ER pour 100 g de sauce en milieu rural lors du premier passage. Malgré l'apparition des produits frais au deuxième passage, cette teneur qui a légèrement évolué au niveau des groupes témoins (38 μg ER / 100 g de sauce) reste toujours très inférieure à celle du milieu urbain.

Les faibles quantités de sauces ingérées plus les faibles teneurs en équivalent rétinol des sauces du milieu rural par rapport à celles du milieu urbain vont se répercuter sur les ingérés individuels en rétinol, la couverture des besoins et les valeurs des densités vitaminiques selon la classe d'âge de la population rurale.

Ces observations montrent qu'il existe une grande différence entre les 2 milieux. Cette différence pourrait s'expliquer par le faible pouvoir d'achat des populations rurales par rapport à celles urbaines. Pourtant, la grande partie de la population vit en campagne.

5 CONCLUSION

La situation alimentaire du village étudiée est caractérisée par une prédominance des sauces à base de "gombo sec". Ce type de sauce est très pauvre en carotènes et ne peut permettre à elle seule de résoudre le problème de la carence en vitamine A.

La couverture des besoins en rétinol à partir de la consommation de ces sauces est pratiquement nulle pendant cette période de l'année caractérisée par l'absence de produits frais.

Malgré l'apparition de produits frais au cours du deuxième trimestre de l'année, les sauces préparées au niveau des groupes témoins, restent très pauvres en carotènes.

L'addition de feuilles fraîches d'oseille améliore les apports en carotènes des sauces et permet la couverture des besoins de plus de la moitié de la population rurale étudiée.

Malgré les faibles quantités consommées de sauces à base de "gombo sec" par rapports à celles des autres types de sauces, l'incorporation d'une quantité moyenne de 12 g d'huile de palme rouge dans cette sauce permet de couvrir en un repas la moitié des besoins journaliers en vitamine A de plus de 40 % de la population rurale et de 17 % de ceux des enfants d'âge préscolaire.

L'amélioration du niveau de la couverture des besoins de la population étudiée après la supplémentation montre l'intérêt de supplémenter les sauces pauvres en carotènes surtout avec de l'huile de palme rouge.

Dans le but d'augmenter l'apport en carotènes de l'alimentation burkinabé pour réduire le nombre d'atteintes oculaires liées à l'avitaminose A (la prévalence de la cécité nocturne étant de 1.25 % de la population du village étudié et 3.9 % chez les enfants d'âge compris entre 6 et 14 ans) , nous pouvons à l'issue de ce travail faire les recommandations suivantes:

1^e) Sensibiliser la population à l'utilisation de l'huile de palme et encourager les ménages à supplémenter avec de l'huile de palme rouge les sauces pauvres en carotènes notamment celles à base de "gombo sec" qui sont les plus consommées en milieu rural.

2^e) Promouvoir la culture et la consommation de feuilles fraîches d'oseille et de "yinkun" au niveau familial durant la saison sèche. Cela permettrait d'assurer, aux ménages un complément en carotènes et autres micronutriments.

6. BIBLIOGRAPHIE

Ag BENDECH M., 1993. Evaluation du déficit en vitamine A et alimentation chez les enfants d'âge préscolaire dans le milieu rural du cercle de koutiala (Mali). Mémoire de DEA. Santé publique et Pays en voie de développement. Université de Paris - VI; 66 p.

Ag BENDECH M., CHAULIAC M et MALVY D. 1996. Estimation des apports nutritionnels des familles à domicile et des individus hors domicile à Bamako (Mali). *CIE: Paris*, 29 p.

Ag BENDECH M., MALVY D. J. M. et CHAULIAC M., 1997. Le déficit en vitamine A: aspects épidémiologiques et méthodes de contrôle. *Cahiers Santé* 7: 309 - 16.

AMEDEE-MANESME O. et DE MAEYER E., 1989. Le déficit en vitamine A: stratégies diagnostiques et thérapeutiques. *INSERM - ORSTOM: Paris*, 16 p.

AMEDEE-MANESME O., LUZEAU R., CARLIER C. and ELLRODT A., 1987. Simple impression cytology method for detecting vitamin A deficiency. *Lancet*; i: 1263.

AMES S. R., 1969. Factors affecting absorption, transport, and storage of vitamin A. *Am. J. Clin. Nutr.*, 22: 934-935.

BARRETOM.L. et al., 1994. Effet of vitamin A supplementation on diarrhea and accute lower respiratory infections in young children in Brazil. *Lancet*, 344: 228-31.

BAUERNFEIND JC., 1986. Vitamin A deficiency and its control. *New York: Academic Press. Inc.*

Ben-AMOTZ A., and LEVY Y., 1996. Bioavailability of natural isomer mixture compared with synthetic all-trans β -carotene in human serum. *Am. J. Clin. Nutr.*; 63: 729-34.

BERNIER J. J., 1996. Pathologies induites par de fortes doses de vitamines. *Cah. Nutr. Diét.*, 31, 2; pp. 76-80.

BOILEAU, TWM., MOORE AC., ERDMAN JW., 1998. Carotenoïds and vitamin A. In: *Papas AM, ed. Antioxidant Status, Diet, Nutr. And Health. Boca Rato: CRC Press.*

BRIEF B., 1992. Vitamin A Deficiency and childhood Mortality. *Helen KELLER International: New York*; 8 p.

BRITTON G., and LIETZ G., 1999. Why is there such a huge variation in the absorption and conversion of β -carotene from different sources? *Sight and Life Newsletter* 4: 22-25.

BUZZARD I. M., and SIEVERT Y. A., 1994. Research priorities and recommendations for dietary assessment methodology. *Am. J. Clin. Nutr.*, 59 (Suppl): 27, 5S-80S.

C.I.N., 1992. Les grands enjeux des stratégies nutritionnelles - Prévention des carences spécifiques en micronutriments. *FAO / OMS: Rome; 1-47*.

CHRISTIAN P. et al., 1998. Working after the sun goes down: exploitation how night blindness impairs women's work activity in rural Nepal. *Eur. J. Clin. Nutr.*; 52, 519-524.

CNN, 1993. Enquête démographique et de santé. *Ministère de la Santé: Ouagadougou, p.*

CNN, 1996. Programmation des activités 1996 et budgétisation. *CNN, PRG, Ouahigouya*.

CNN, 1997. Enquête épidémiologiques sur les carences en micronutriments dans 15 provinces. *Ministère de Santé: Ouagadougou, P.D.S.N; 127 p.*

CNN, 1998. Connaissances, attitudes et pratiques des populations sur les carences en micronutriments dans huit (08) provinces. *Ouagadougou: PDSN; 54 p.*

COUTSODIS A., BROUGHTON M. and COOVADIA H. M., 1991. Vitamin A supplementation reduces measles morbidity in young African children: a randomized, placebo - controlled double - blind trial. *Am. J. Clin. Nutr.*; 54: 890-5.

CUBEAU J., SERVILLE Y., PEQUIGNOT G., 1979. Formation continue des diététiciens: les enquêtes alimentaires. *Direction Scientifique, Département de Nutrition et des Maladies Métaboliques, Université de Nancy; 63 p.*

De PEE S., WEST CE., PERMAESIH D., et al., 1998. Orange fruit is more effective than are dark-green leafy vegetables in increasing serum concentrations of retinol and β -carotène in school children in Indonesia. *Am. J. Clin. Nutr.*; 68: 1058-67.

DELISLE H., 1996. Vitamine A Stratégies préventives. *L'Enfant en Milieu Tropical, Paris; n° 222-223. 73 p.*

DELPEUCH F., MAIRE B, 1996. Situation nutritionnelle dans le monde: changement et enjeux. *Cahier Agricultures; 5: 415-22.*

DILLON JC., 1995. Le foie organe régulateur de la nutrition. *Enfant Milieu Trop.* 212; 45 p.

- EGBERT PR., LAUBER S. and MAURICE D., 1977. A simple conjunctival biopsy. *Am. J. Ophthalmol*; 84: 798-801.
- FAO, 1970. Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique. *Rome: FAO*.
- FAO, 1988. Requirements of vitamin A, iron, folate and vitamin B12. *Rome: FAO*. Série N° 23.
- FAO/OMS, 1967. Requirements of vitamin A, thiamine, riboflavin and niacin. *Report of a joint WHO/FAO Expert Group. FAO Nutrition Meeting: Report Series 41. Rome: FAO Press*, 15-27.
- GEVRY G., 1999. Formation générale en chromatographie liquide haute performance. *Projet: Huile de palme non-raffinée pour la vitamine A au Sahel, Université de Montréal*; 16-66.
- GIBSON R., 1990. Principles of national assessment. *OXFORD University. Nutr. Res.*; 21-36.
- GLOVER J., 1973. Retinol binding proteins. *Vit. Horm.*, 31: 1-42.
- GOPALAN et NARASINGA, 1991. Dietary allowances for indians *ICMR Special Report Series 60. New Delhi: ICMR Press*, 46-53.
- GUILLAUD JC., LEQUEU B., 1992. Méthodes d'étude de l'état nutritionnel vitaminique. In: *Les vitamines. Cachan: Editions médicales internationales*; 167-203.
- HERBETH B., CHAVANCE M., MUSSE N., MEJEAN L., VERNHES G., 1989. Dietary intake and other determinants of blood vitamins in an elderly population. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 43:175-186.
- HERCBERG S., 1991. Intérêt des enquêtes alimentaires dans les domaines de la recherche épidémiologique. *Cah. Nutr. Diet.*, 26: 277-8; 259 p.
- HOLLANDER D., 1982. Intestinal absorption of Vitamins A, E, D and K. *J. Lab. Clin. Med.*, 97: 449-61.
- HUMPHREY JH., WEST KP. And SOMMER A., 1991. Vitamin A deficiency and attributable mortality among under 5 year old. *Bull. WHO*; 20: 225-32.
- IRA TIEBA V., 1999. Activités des femmes et leurs impacts sur l'alimentation et l'état nutritionnel des enfants autour du lac de Bagré: cas des de Dierma et de Lourgogo. *Mémoire de Maîtrise de Géographie de la Santé, Département de Géographie (FLASHS), Université de Ouagadougou*; 84p.

IVACG, 1999. The biodisponibility of dietary carotenoides current concepts. *A Report of the International Vitamin A consultative group (IVACG): Washington*; 8 p.

IVACG, 1999. Vitamin A and other micronutrients: Biologic interaction and integrated interventions. *Report of the XIX International Vitamin A Consultative Group Meeting: Washington*; 135 p.

KANGAMBEGA T. M., 1998. Estimation des Apports en Carotènes des Sauces Préparées en Milieu Urbain. *Mémoire de Maîtrise de Nutrition Humaine et Technologie Alimentaire. Université de Ouagadougou - Faculté des Sciences et Techniques - Département de Biochimie / Microbiologie*; 26 p.

LE GRUSSE J. WATER B., 1993. Les vitamines: Données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. *CEIV; éd. Produit Roche: Paris*; 303 p.

LEFEBVRE J., 1976. Introduction aux analyses statistiques multidimensionnelles. *éd. Masson: Paris*.

LEMOINE A, Le DEVEHAT C, HERBERTH B, et al., 1986. Enquête sur le statut vitaminique de trois groupes de Français . *Ann. Nutr. Metab.*; 30 (suppl. 1): 1-94.

LEQUEU B., 1990. La vitamine A : acquisitions récentes. *Cachan: éd. médicales internationales*; 104 p.

MALABA LC., 1994. The mecanism of up take of vitamin A and retinol-binding protein by the liver. *Université d'Oslo, thèse de PhD*, 154 p.

MANSOUR A. B., AKROUT M, GHARBI M., ABID A., CHABCHOUB-BLOUZA S., ZOUARI B. et NAGATI K., 1997. Evaluation de la consommation alimentaire: limites de la méthode du questionnaire. *Méd. Nutr.* 33, (5): 194-8.

MATHIEU-DAUDE C., 1998. Incidence des ingérés en carotènes sur la prévalence de la cécité crépusculaire en zone rurale au Burkina Faso. *Mémoire de DESS: Nutrition et Alimentation dans les pays en développement, Académie de Montpellier, Université de Montpellier II*; 37 p.

McLAREN D.S. and FRIGG M., 1997. Sight and Life Manual on Vitamin A Deficiency Disorders (VADD). *Basel: Sight and life manual*; 138 p.

Ministère de la Santé et de l'action Sociale / OMS, 1987. Rapport sur la situation nutritionnelle et alimentaire au Burkina Faso. *Ouagadougou: OMS*; 90 p.

Ministère de l'Economie des Finances et du Plan / UNICEF, 1994. Analyse de la situation des femmes et des enfants au Burkina Faso. *Ouagadougou: UNICEF*, 96 p.

MUNNICH A., OGIER H., SAUDUBRAY J-M. et al., 1987. Les vitamines : aspects métaboliques, génétiques, nutritionnels et thérapeutiques. *Saint-Germain: MASSON*; 3-32.

NARASINGA RAO BS., 1996. Bioavailability of beta-carotene from plant foods. *Bull. Nutr. Fond. India*, 17: 1-5.

NORDEIDE M.B., 1996. Table de composition d'aliments du Mali. *Oslo: Institut de Nutrition, Université d'Oslo*; 1-31.

OLSON JA., 1978. Evaluation of vitamin A status in children. *World Rev. Nutr. Diet.*; 31: 130-34.

OLSON JA., 1982. New approaches to methods for the assessment of nutritional status of the individual. *Am. Clin. Nutr.*; 35: 1166-1168.

PARENT G., 1997. Grands barrages, santé et nutrition en Afrique: au delà de la polémique. *Cahiers Santé*; 7: 417-22.

PARKER RS., 1996. Absorption, métabolism, and transport of caroténoïds. *FASEB J.*, 10: 542-51.

PEKKARINEN M., 1970. Methodology in the collection of food consumption data. *World Review Nutrition Dietetics*, 12: 145-171.

PELLETIER D. L, 1995. Potentiating effet of malnutrition on child mortatlity: Epidemiologic evidence and policy implications. *Food and Nutrition Bulletin*, 16, (3); 206-13.

Rapport d'une réunion mixte OMS / FISE / USAID / Helen Keller International / IVACG, 1982. La lutte contre la carence en vitamine A et la xérophtalmie. *Genève, OMS, Série de Rapports techniques, N° 672*.

ROSS C. and GOODMAN D. S., 1979. Intracellular binding proteins for retinol and retinoic acid: comparison with each other and with serum retinol binding protein. *Fed. Proc.*, 38: 2515-18.

ROY SK., ISLAM A., MOLLA A., AKRAMUZZAMAN SM., JAHAN F. and FUCHS G., 1997. Impact of a single megadose of vitamine A at delivery on breast milk of mothers and morbidity of their infants. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 51: 302-7.

SAMBA C., LUZEAU R, GALAN P., AMEDEE-MANESME O., 1991. Déficit en vitamine A chez les enfants Congolais d'âge préscolaire au cours d'accès palustres. *1^{es} journées Inter. Du GERM, KARTHALA-ACCT-AUPELF*, 609-16.

SMITH GC, et al., 1996. Carotenoid values of selected plants foods common to southern Burkina Faso, West Africa. *Ecol. Food Nutr.*; 35: 43-58.

SOLOMONS N. W., D. M., and BULUX J., D. M., H.M.P., 1993. Plant source of provitamine A and Human Nutriture. *Nutr. Rev.*, 51 (7): 199-204.

SOMMER A. et al., 1986. Impact of vitamin A Supplementation on childhood mortality: a randomised controlled community trial. *Lancet*; 1169-73.

SOMMER A., 1992. Vitamine A deficiency and childhood mortality. *Lancet*; 340: 488-89.

SOMMER A., HUSAINI G., MUHILAL, TRAWOTJOL, SUSANTO D. et SARASO JS., 1980. History of night-blindness: a simple tool for xérophtalmia screening. *Am. J. Clin. Nutr.*; 33: 887-91.

SPORN M. B., ROBERTS A. B. AND GOODMAN D. W., 1984. The retinoids. *Academic Press Inc.*, Vol 1 et 2.

TANDON BN., 1981. Nightblindness as a tool for xérophtalmia screening. *Am. J. Clin. Nutr.*; 34: 1985-6.

TOMKINS A.M. and HUSEY G., 1989. Vitamin A and Immunity. *Nutr. Res. Rev.*, 2: 17-28.

TSENG SCG., 1985. Staging of conjunctival squamous metaplasia by impression cytology *Ophtalmo*; 92: 728-733.

UNDERWOOD BA., CHAVEZ M., HANKIN J., 1989. Guidelines for the developpement of a dietary assessment to identify groups at risk for inadequate intake of vitamin A. *A report of the Vitamin A Consultative Group. Washington; IVACG*.

UNICEF - CNN, 1995. Plan d'action pour la lutte contre l'avitaminose A au Burkina Faso. *Ouagadougou: Ministère de la Santé, Centre National de Nutrition*; 7p.

UNICEF, 1998. The state of the World's Children: A UNICEF report. Malnutrition: causes, consequences, and solutions. *Nutr Rev*, 56: 115-123.

USAID, 1997. Vitamin A deficiency: USAID initiative seeks to avert one million deaths, end leading cause of childhood blindness.

Van den BERG, 1996. Vitamin A intake and status. *Eur. J. Clin. Nutr.*; 50 (Supp. 3): S7-S12.

WEST CE. and POORTVLIET EJ., 1993. The carotenoïd content of foods with special reference to developing countries. *Washington: Vitamin A Field Support Project (VITAL)* 210 p.

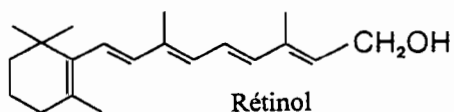
WEST CE. and Van LIESHOUT M., 1996. Less vitamin A, more β -carotène? *Eur., J. Clin. Nutr.*; 50 (Suppl. 3): S85-S87.

WHO, 1995. Global prevalence of deficiency. *Genève: WHO / NUT*, 116 p.

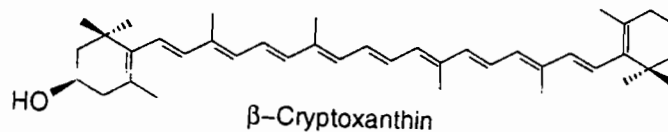
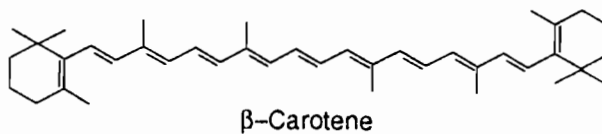
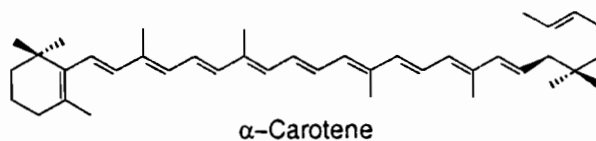
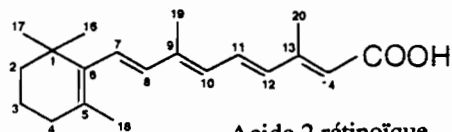
ANNEXES

ANNEXE 1

Formules développées du rétinol, de l'acide 2 rétinoïque et de quelques caroténoïdes importants



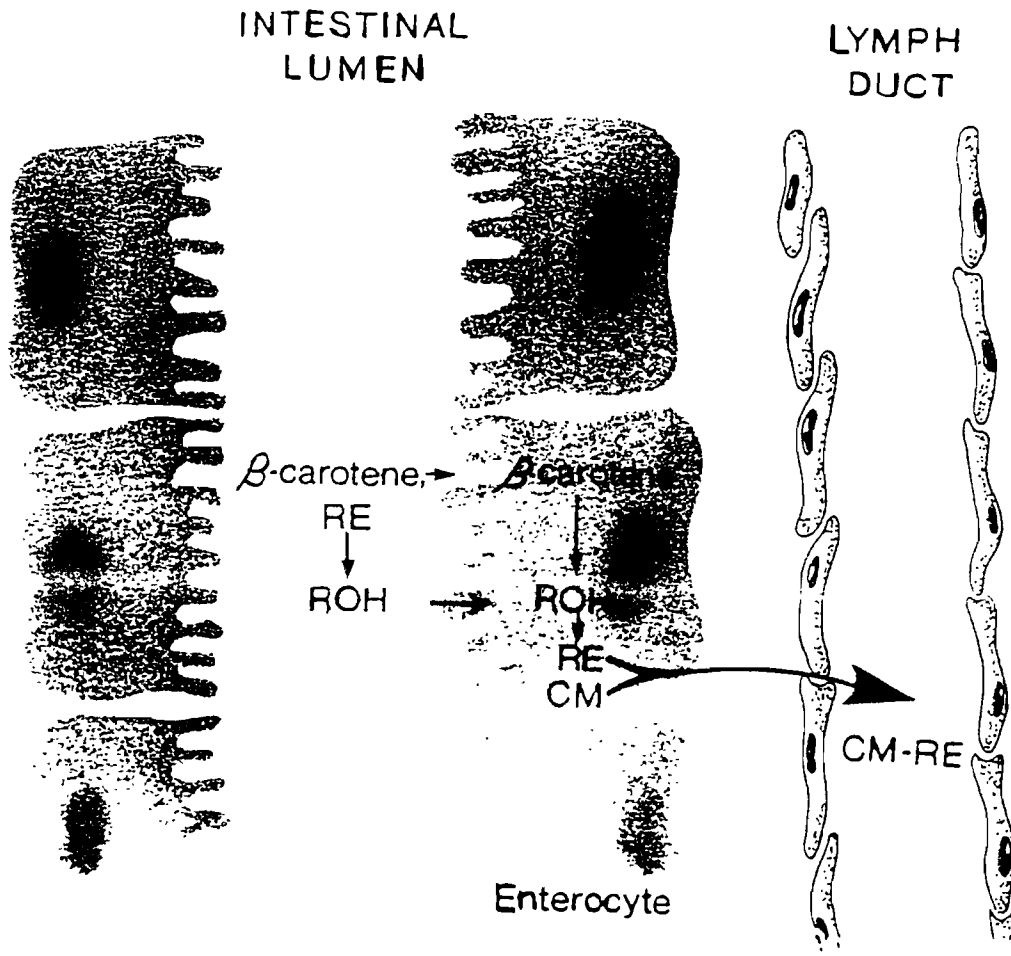
Formule brute : $C_{20}H_{30}O$; Masse moléculaire : 286



Source : McLaren and Frigg, 1997.

ANNEXE 2

Absorption de la vitamine A préformée et des caroténoïdes dans l'intestin grêle

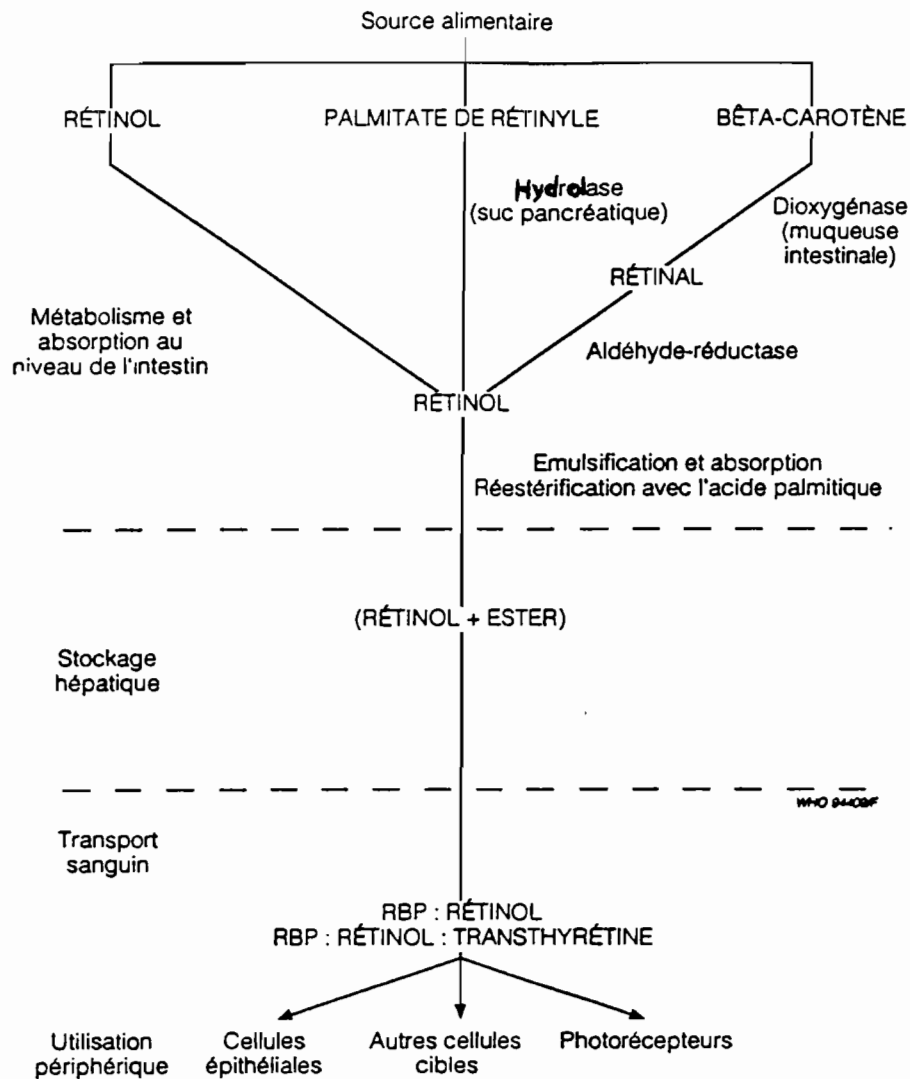


RE : rétinyl ester, ROH : rétinol, CM : chylomicron.

Source : Blomhoff, 1994

ANNEXE 3

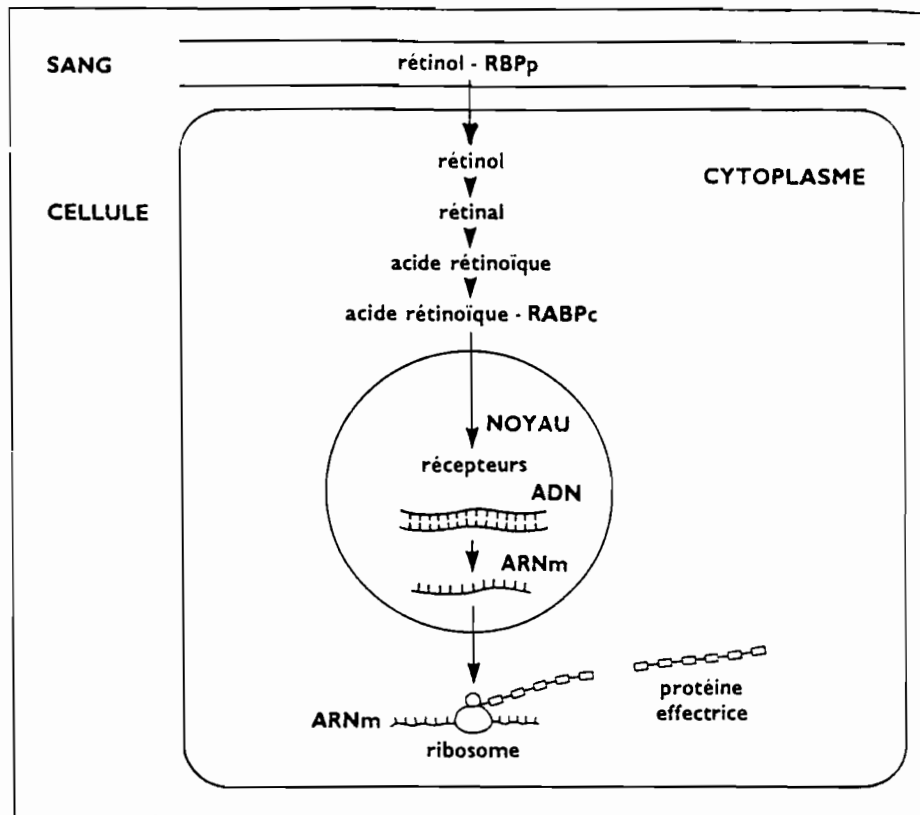
Métabolisme (simplifié) de la vitamine A



Source : Sommer, 1995.

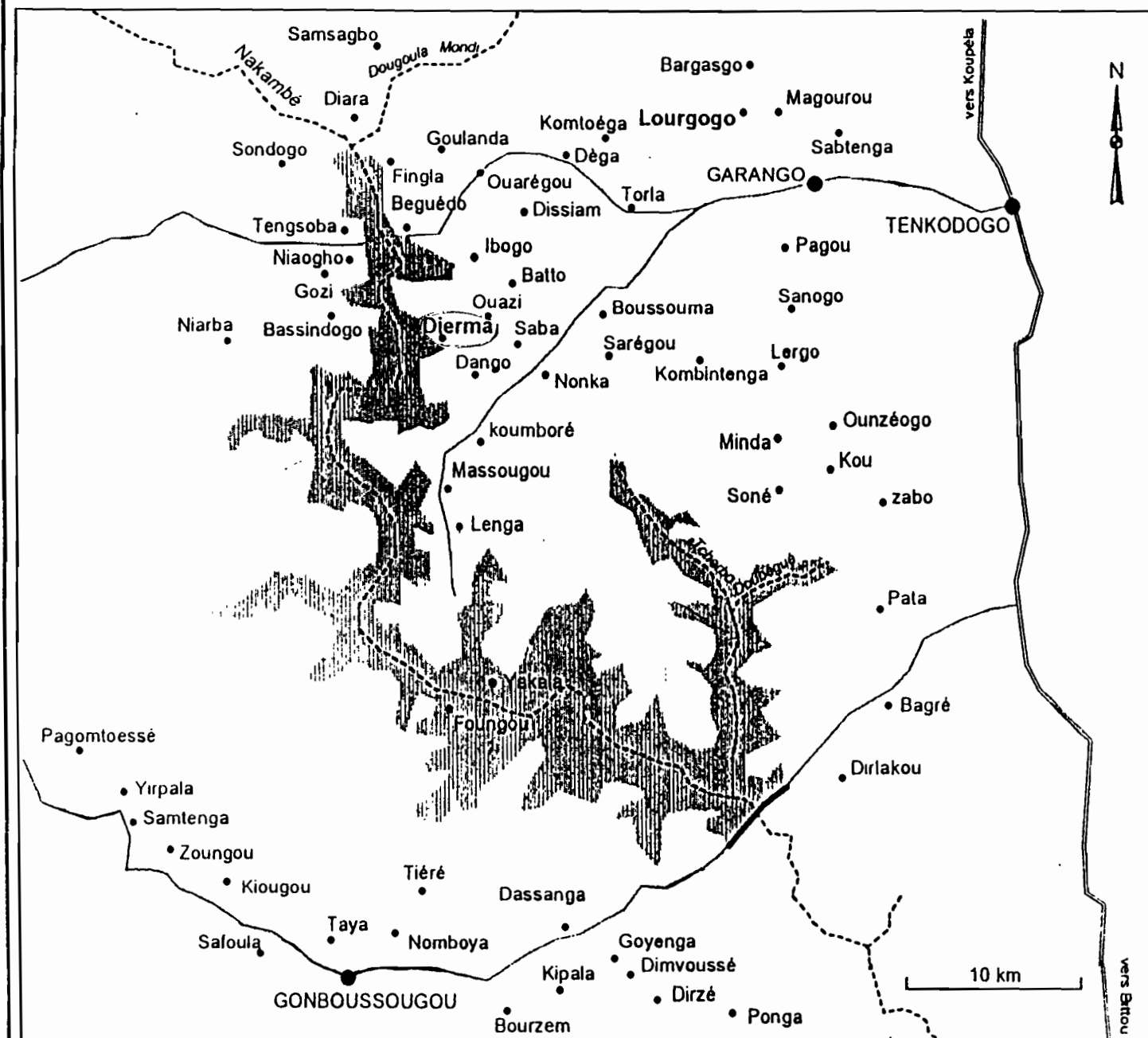
ANNEXE 4

Mécanisme d'action de l'acide rétinoïque au niveau de la différenciation cellulaire



Source : McLaren and Frigg, 1997.

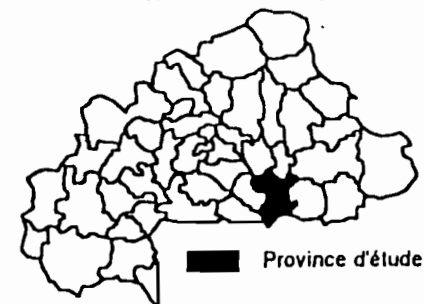
LOCALISATION DES VILLAGES AUTOUR DU LAC DE BAGRE



LEGENDE

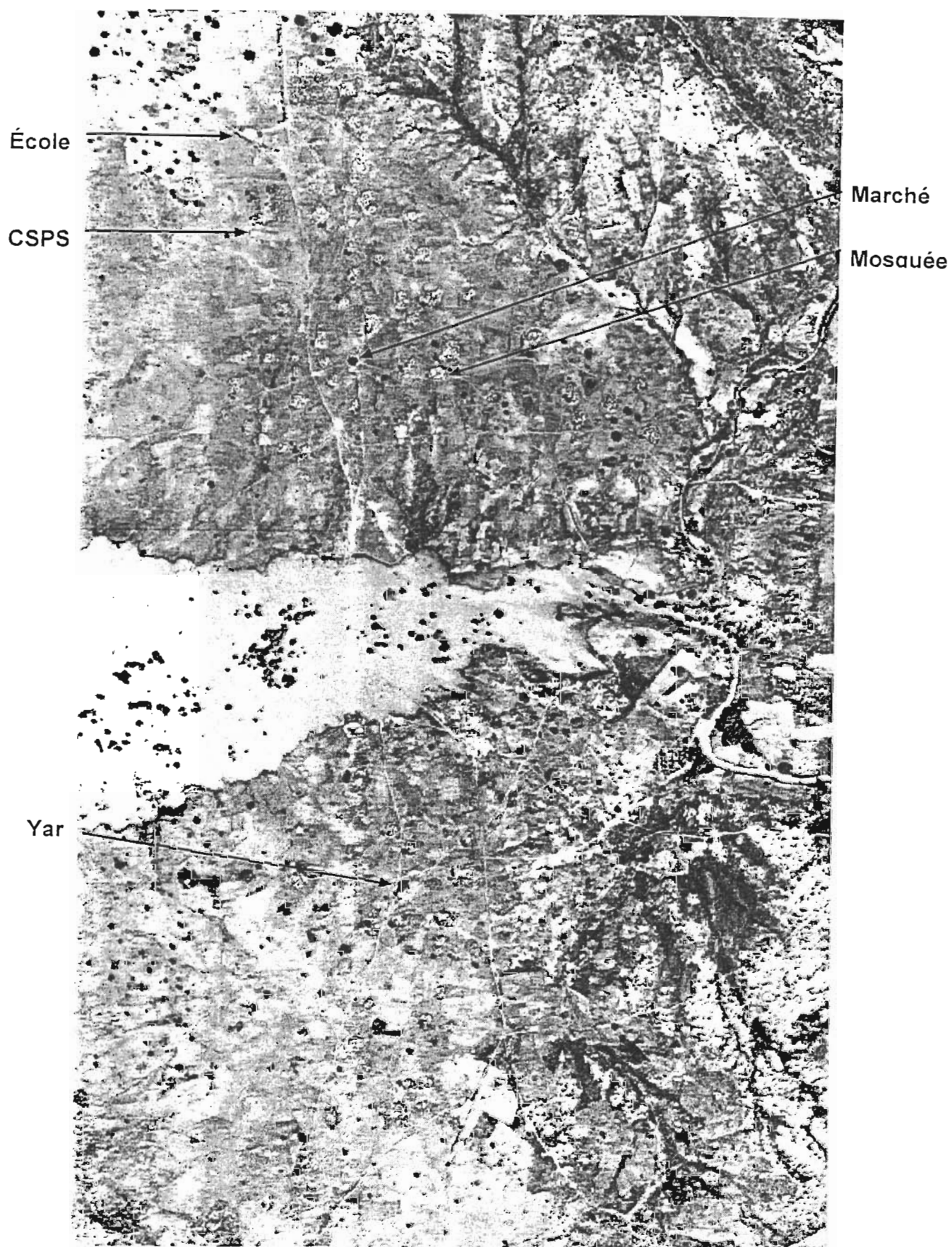
- Village
- Chef lieu administratif
- Dierma : Village étudié
- cours d'eau
- ▨ Plan d'eau
- Digue d'eau
- ≡ Route bitumée
- ≡ Route carrossable

SITUATION DE LA PROVINCE



ANNEXE 6

Village de Dierma (province du Boulougou), reprise photo aérienne



ANNEXE 7

Description Des Questionnaires

7a) Questionnaire "recette" (*Fiche Recette*)

Ce questionnaire, appliqué aux prises de notes sur le terrain en fonction de la chronologie de la préparation, se présente comme suit:

1. pour chaque ingrédient:
 - Poids de la tare,
 - Poids de la tare plus l'ingrédient,
 - Poids net de l'ingrédient,
2. pour l'ensemble de la sauce:
 - Nombre total des ingrédients entrant dans la composition de la sauce,
 - Poids total des ingrédients,
 - Quantité d'eau ajoutée,
 - Poids de la tare contenant le plat (sauce),
 - Poids de la tare plus la préparation,
 - Poids net de la préparation avant cuisson,
 - Poids net du plat (sauce) après cuisson.

7b) Questionnaire "rationnaires" (*Fiche Rationnaires*)

Les besoins en vitamine A varient en fonction de l'âge, de l'état physiologique et du sexe (Smith, 1995). A partir de la marmite ou du récipient ayant servi à la préparation de la sauce, la ménagère répartit la sauce dans différents plats correspondant à des groupes de rationnaires bien différenciés (enfants et adultes de sexe masculin, jeunes filles et femmes, personnes âgées ou solitaires...). Par ailleurs lorsqu'il s'agit d'une consommation à partir d'un plat commun, chaque rationnaire selon son âge et son sexe a une consommation en théorie proportionnelle à ses besoins. Pour estimer ces consommations individuelles, la FAO a proposé d'affecter à chaque rationnaire un coefficient de pondération en prenant comme coefficient de base égal à 1 celui d'un adulte de sexe masculin. Dans le cadre de notre étude, nous avons repris les coefficients pondéraux utilisés en milieu rural (Mathieu-Daudé, 1998).

Pour chaque ménage le questionnaire nous fournit les informations relatives au nombre de rationnaires, leur sexe, leur âge et leur état physiologique.

7c) Questionnaire "consommation" (*Fiche consommateurs*)

Pour chaque ménage le questionnaire nous fournit les informations suivantes :

- Le poids du plat avant consommation,
- Le numéro des rationnaires qui ont mangé dans ce plat,
- Le poids du plat après consommation,
- La quantité consommée.

CS MN

Nom du plat		Prise aliquote	OUI	NON
Ingrédients (eau incluse)	Tare	Tare + ingrédient	Poids Net ingrédient	
Nbre d'ingrédients		Pds total ingrédients		

	Poids avant cuisson		Poids après cuisson	
Poids Tare	Tare + Prépa	Pds Net Prépa	Tare + Plat	Pds Net Plat

Obs:

CS MN

N°	Nom Prénom	Parenté	Sex	Age	Etat φ	Coefficient
01						
02						
03						
04						
05						
06						
07						
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						

Etat physiologique : Specifiez si femme enceinte ou allaitante, enfant alimenté au sein maternel, personne malade... etc...

CS MN

[illegible]

ANNEXE 8

Principales étapes de la technique de dosage des caroténoïdes par HPLC

(Source Laboratoire INRA Clermont-Ferrand / France)

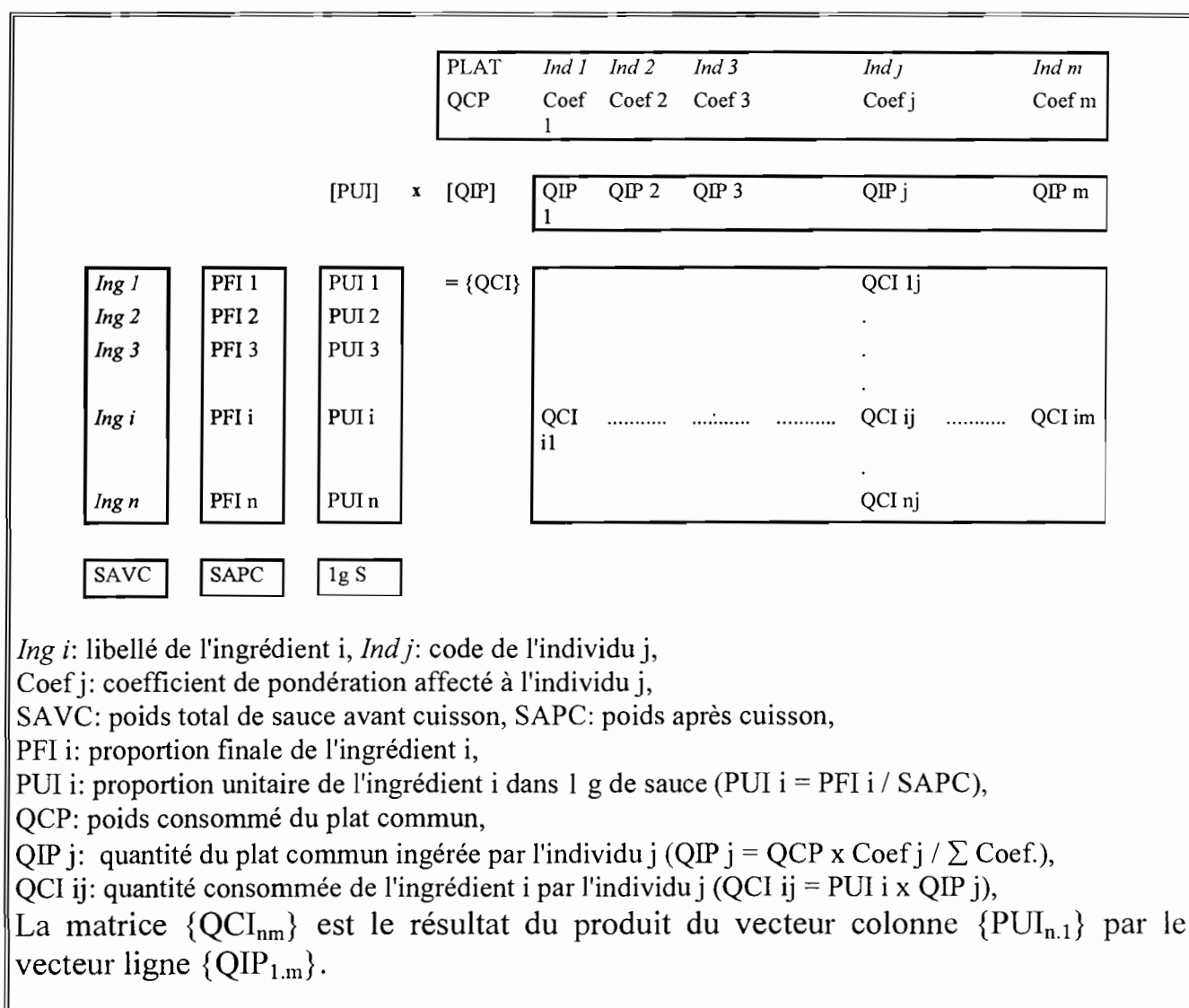
- 1 Décongélation de quelques échantillons de sauce (4) préalablement congelés et stockés à moins 20° C,
- 2 Préparation de 7 standards externes utilisés pour le dosage des caroténoïdes par mesure spectrophotométrique de la concentration de produits chimiques standards
- 3 Homogénéisation des sauces par passage à l'ultra turax (de JANKE et KUNKEL) suivie d'un rinçage à l'eau bi-distillée et à l'alcool
- 4 Extraction des caroténoïdes et vitamine A des sauces dans un solvant organique (hexane de qualité HPLC) à l'abri de la lumière sous lumière rouge et hotte aspirante. Cette phase est longue et à la fois délicate. Elle comprend les étapes suivantes :
 - Prélever une quantité connue de l'échantillon (de l'ordre du gramme)
 - Ajouter à la multipipette 1 ml de solution d'échinénone (standard interne),
 - Ajouter 2 ml d'hexane,
 - Agiter vigoureusement pendant 30 secondes à l'aide d'un agitateur électrique pour bien homogénéiser,
 - Centrifuger pendant 5 mn à environ 1000 g
 - Prélever la phase hexanique (sumageant) à l'aide d'une pipette en verre,
 - Evaporer cette phase sous azote de qualité HP 45,
 - Pendant ce temps, extraire une deuxième fois la phase aqueuse en agissant comme précédemment et ajouter la phase organique dans le tube en évaporation sous azote HP 45,
 - Reprise de l'extrait sec ou de la phase huileuse avec 250 µl de THF
 - Bien solubiliser au rotor,
 - Prélever les nouvelles solutions (selon le nombre d'échantillons) et mettre dans des piluliers
- 5 Pour le dosage, les conditions suivantes doivent être réunies:
 - Préparation d'une phase mobile appropriée aux caroténoïdes de quantité variable selon le nombre d'injections à faire,
 - La chaîne HPLC utilisée est de type KONTRON connectée à un logiciel,
 - 2 colonnes (une Nucléosil et l'autre Vydac) sont utilisées (pour la méthode longue),
 - Le débit est de 2 ml / mn
 - La détection s'effectue à 450 nm (longueur d'onde des caroténoïdes)
 - La durée des dosages est de 32 mn / échantillon
 - Injection du méthanol pour rincer régulièrement les colonnes des restes de standards et d'échantillons (les échantillons ont été préparés en double afin de prendre la moyenne des résultats),
- 6 Il faut faire une calibration de la droite d'apparition des pics afin de pouvoir les identifier et les quantifier par rapport aux standards externes et interne. La présence du standard interne dans chaque échantillon permet le calcul du rendement de l'extraction avec le logiciel utilisé.

ANNEXE 9a

Procédé de calcul utilise pour chaque feuillet donc chaque famille

- a) Calcul de la proportion des ingrédients constituant la sauce consommée:
 - 1) Copie de la liste des 43 ingrédients recensés,
 - 2) Saisie pour chaque ingrédient de la quantité utilisée,
 - 3) Saisie du poids avant et après cuisson de la sauce préparée,
 - 4) Saisie du poids de chaque plat commun,
 - 5) Calcul de la proportion de chaque ingrédient dans 100 g de sauce,
 - 6) Définition de la matrice colonne correspondant aux proportions unitaires de l'ensemble des ingrédients dans 1 g de sauce (cf. schéma 1).

Schéma 1 : modalité de calcul des consommations individuelles d'une famille.



b) Calcul des consommations individuelles de sauce à partir du plat commun:

- 1) Entrée de la quantité consommée du plat commun (QCP);
- 2) Saisie du code de chaque individu faisant partie des consommateurs de ce plat;
- 3) Saisie du coefficient de pondération affecté à chaque individu en fonction de son âge et de son sexe (cf. annexe 9b),
- 4) Calcul de la quantité du plat commun proportionnellement ingérée,

Exemple de calcul: si le poids du plat familial est 438 g; pour la consommation d'un homme, d'une femme et d'un garçon 3 ans; dont les coefficients pondéraux sont

respectivement: 1, 0.9 et 0.15; les quantités consommées sont respectivement:

$$QCI\ 1 = 438 \times 1 / (1 + 0.9 + 0.15) = 214\ g.$$

$$QCI\ 2 = 438 \times 0.9 / (1 + 0.9 + 0.15) = 192\ g.$$

$$QCI\ 3 = 438 \times 0.15 / (1 + 0.9 + 0.15) = 32\ g.$$

- 5) Répétition de ces 4 opérations pour la totalité des plats communs ingérés d'une famille.
- 6) Définition de la matrice ligne correspondant à l'ensemble des quantités consommées par chacun des individus constituant la famille.

c) Calcul de la consommation individuelle de chaque ingrédient :

A partir du produit de la matrice colonne des proportions unitaires des ingrédients dans 1 g de sauce et de la matrice ligne des quantités de sauce consommées par chaque individu de la famille, calcul de la matrice résultante donnant pour chaque ingrédient de la sauce les quantités ingérées par chaque individu.

ANNEXE 9b

Coefficients pondéraux

<i>Sexe et âge des individus</i>	<i>Coefficient</i>
Enfants de moins de 4 ans	0.15
Enfants de 4 à 6 ans	0.4
Enfants de 7 à 10 ans	0.75
Filles de plus de 11 ans	0.9
Garçons de 11 à 13 ans	0.9
Garçons de plus 13 ans	1
Femmes adultes	0.9
Femmes allaitantes	1
Hommes adultes	1

ANNEXE 10a

Les principales étapes du calcul de la teneur en rétinol des sauces

Etape 1 : établissement d'une matrice recette **[REC]** de sauces des ménages de chaque groupe sur un feuillet différent

Etape 2 : copie de la matrice rétinol **[RET]** en face de la matrice recette **[REC]** de sorte à faire coïncider la quantité de l'ingrédient *i* utilisée avec la teneur en rétinol de l'ingrédient *i*,

Etape 3: transposition de la matrice **RET** **[RET']** pour obtenir les ingrédients en colonne et permettre la multiplication par la matrice des consommations individuelles de chaque ingrédient où les ingrédients sont en ligne. Le produit de 2 matrices est de la forme: $A_{p.r} \times B_{r.p} = C_{p.q}$ (Lefebvre, 1976)

Etape 4: calcul du produit des 2 matrices: **RET' x REC**, pour obtenir la matrice résultante **[TRS]** donnant teneur en rétinol de la sauce de la famille considérée (cf. schéma 2 pour modèle).

ANNEXE 10b

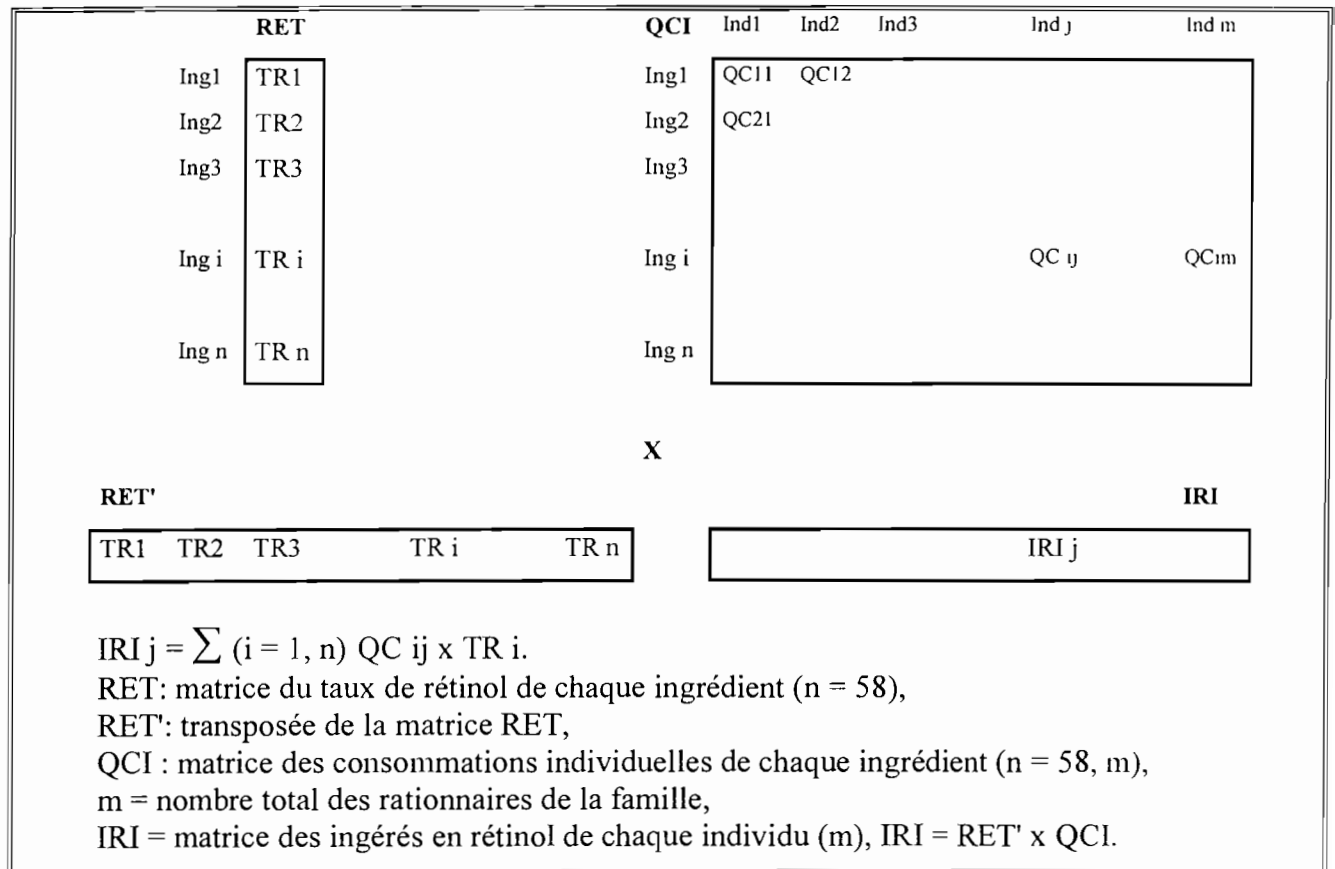
Procédé de calcul des ingérés individuels en rétinol

Etape 1 : copie de la matrice rétinol **[RET]** en face de la matrice des consommations individuelles de chaque ingrédient **[QCI]** de telle sorte que sur une même ligne, l'ingrédient *i* et son taux de rétinol **TR_i** soient en coïncidence avec les quantités consommées par chaque membre de la famille (schéma 2).

Etape 2 : transposition de la matrice **RET** **[RET']** pour obtenir les ingrédients en colonne et permettre la multiplication par la matrice des consommations individuelles de chaque ingrédient où les ingrédients sont en ligne. Le produit de 2 matrices est de la forme : $A_{p.r} \times B_{r.p} = C_{p.q}$ (Lefebvre, 1976)

Etape 3 : calcul du produit des 2 matrices : **RET' x QCI**, pour obtenir la matrice résultante **[IRI]** donnant l'ingéré en rétinol pour chacun des individus de la famille considérée (schéma 2).

Schéma 2: modalité de calcul des ingérés individuels en rétinol d'une famille



a) Copie de la matrice rétinol [RET] en face de la matrice des consommations individuelles de chaque ingrédient [QCI] de telle sorte que sur une même ligne, l'ingrédient i et son taux de rétinol TR_i soient en coïncidence avec les quantités consommées par chaque membre de la famille (schéma 2).

b) Transposition de la matrice RET [RET'] pour obtenir les ingrédients en colonne et permettre la multiplication par la matrice des consommations individuelles de chaque ingrédient où les ingrédients sont en ligne. Le produit de 2 matrices est de la forme : A p.r x B r.p = C p.q (Lefebvre, 1976)

c) Calcul du produit des 2 matrices : RET' x QCI, pour obtenir la matrice résultante [IRI] donnant l'ingéré en rétinol pour chacun des individus de la famille considérée (schéma 2).

ANNEXE 11

Besoins en vitamine A recommandés par la FAO ($\mu\text{g ER} / 100\text{g} / \text{jour}$)

Age et Sexe	$\mu\text{g ER}/100\text{g}/\text{jour}$
0-1	350
1-6	400
6-10	400
10-12	500
12-15	600
M 15-18+	600
F 15-18+	500
Femme enceinte	600
Femme allaitante	850

ANNEXE 12

Variables de regroupement des individus

Variable de regroupement par classes d'âge

- enfant de moins de 6 ans,
- enfants de 6 à 10 ans,
- pré - adolescents de 10 à 15 ans,
- adolescents et adultes de 15 ans et plus.

Variable de regroupement par classes d'ingéré en rétinol:

- Ingéré $< 200 \mu\text{g ER}$,
- Ingéré ≥ 200 et $< 300 \mu\text{g ER}$,
- Ingéré ≥ 300 et $< 400 \mu\text{g ER}$,
- Ingéré ≥ 400 et $< 500 \mu\text{g ER}$,
- Ingéré ≥ 500 et $< 600 \mu\text{g ER}$,
- Ingéré $\geq 600 \mu\text{g ER}$.

ANNEXE 13

Teneurs en caroténoïdes et rétinol des échantillons de sauces dosées par HPLC

N° famille	Equivalent Rétinol en µg		
	E R origine Animale / g	E R origine Végétale /g	E R totaux / 100 g
<i>fam1</i>	0,0004	0,27	27,04
<i>fam2</i>	0,088	0,003	9,1
<i>fam3</i>	0	0,008	0,8
<i>fam4</i>	0,296	0,48	77,6
<i>fam5</i>	0,05	0,394	44,4
<i>fam6</i>	0,71	0,811	152,1
<i>fam7</i>	0,79	0	79
<i>fam8</i>	0,153	1,33	148,3
<i>fam9</i>	0,05	0	5
<i>fam10</i>	0,375	0,87	124,5
<i>fam11</i>	0,88	0,085	96,5
<i>fam12</i>	0,244	0,041	28,5
<i>fam13</i>	0,795	0,44	123,5
<i>fam14</i>	0,51	0,076	58,6
<i>fam15</i>	0,0025	0,035	3,75
<i>fam16</i>	1,76	2,26	402
<i>fam17</i>	0,047	0,284	33,1
<i>fam18</i>	0,0026	6,05	605,26
<i>fam19</i>	0,08	0,0375	11,75
<i>fam20</i>	0	0,084	8,4
<i>fam21</i>	0,016	2,1	211,6
<i>fam22</i>	0,082	0,35	43,2
<i>fam23</i>	0,501	0,148	64,9
<i>fam24</i>	0,046	0,098	14,4
<i>fam25</i>	0,0098	0	0,98
<i>fam26</i>	0	0,021	2,1
<i>fam27</i>	0,01	0,065	7,5
<i>fam28</i>	0,02	0,525	54,5
<i>fam29</i>	0,03	0,1	13
<i>fam30</i>	0,38	0,07	45
<i>moyenne</i>	0,26	0,57	83,2

ANNEXE 14

Teneur en rétinol en µg ER pour 100 g des 30 sauces par la technique de calcul et de dosage avant et après correction

Code famille	Calcul initial	Calcul final	Rétinol Dosé
<i>Fam1</i>	28,6	28,4	27,04
<i>Fam2</i>	8,6	8,6	9,1
<i>Fam3</i>	21,6	27,0	0,8
<i>Fam4</i>	95,5	95,2	77,6
<i>Fam5</i>	432,6	55,8	44,4
<i>Fam6</i>	244,6	203,6	152,1
<i>Fam7</i>	3,8	3,5	79
<i>Fam8</i>	240,5	211,9	148,3
<i>Fam9</i>	15	14,8	5
<i>Fam10</i>	178,8	166,9	124,5
<i>Fam11</i>	50,4	50,3	96,5
<i>Fam12</i>	20,6	20,6	28,5
<i>Fam13</i>	182,4	126,6	123,5
<i>Fam14</i>	30,8	30,8	58,6
<i>Fam15</i>	5,7	5,4	3,75
<i>Fam16</i>	168,9	508,6	402
<i>Fam17</i>	44	43,9	33,1
<i>Fam18</i>	293,5	666,1	605,26
<i>Fam19</i>	23,3	23,1	11,75
<i>Fam20</i>	33	33,0	8,4
<i>Fam21</i>	87	239,7	211,6
<i>Fam22</i>	254,3	181,2	43,2
<i>Fam23</i>	14,9	14,9	64,9
<i>Fam24</i>	17,3	16,9	14,4
<i>Fam25</i>	26,8	26,6	0,98
<i>Fam26</i>	14,5	14,3	2,1
<i>Fam27</i>	12,5	12,3	7,5
<i>Fam28</i>	56,6	74,2	54,5
<i>Fam29</i>	34,9	34,9	13
<i>Fam30</i>	49,3	42,5	45
moyenne	89,7	99,4	83,2

Annexe 15
Table rétinol révisée et utilisée en milieu rural.

Ingrédients	ER (µg/100g)	ER (µg/g)
<i>huile de palme rouge</i>	28000	280,00
<i>piment sec</i>	4162	41,62
<i>oseille sèche,</i>	2872	28,72
<i>yinkum séché</i>	2033	20,33
<i>baobab séché</i>	735	7,35
<i>feuilles sèches de tomate</i>	700	7,00
<i>oseille fraîche</i>	689	6,89
<i>feuilles fraîches de haricot</i>	652	6,52
<i>yinkum frais</i>	610	6,10
<i>feuilles de duntala (bulvaka)</i>	610	6,10
<i>calices d'oseille séchées</i>	457	4,57
<i>tomate concentrée</i>	330	3,30
<i>feuilles d'oignon fraîches,</i>	300	3,00
<i>feuilles d'oignon séchées</i>	172	1,72
<i>tomate fraîche</i>	74	0,74
<i>soumbala</i>	33	0,33
<i>gombo frais</i>	32	0,32
<i>gombo sec</i>	28	0,28
<i>choux</i>	5,8	0,06
<i>farine de sorgho blanc,</i>	3	0,03
<i>oignon frais</i>	1,5	0,02
<i>huile d'arachide</i>	0	0,00
<i>huile de palme: dinor,</i>	0	0,00
<i>beurre de karité,</i>	0	0,00
<i>arachide</i>	0	0,00
<i>poisson sec</i>	0	0,00
<i>oignon séché</i>	0	0,00
<i>fleurs de kapok séché</i>	0	0,00
<i>curry,</i>	0	0,00
<i>poivre,</i>	0	0,00
<i>sel</i>	0	0,00
<i>cube maggi</i>	0	0,00
<i>glutamate</i>	0	0,00
<i>potasse solide</i>	0	0,00
<i>eau potassée</i>	0	0,00
<i>jus des graines d'oseille</i>	0	0,00
<i>camnifi,</i>	0	0,00
<i>féfé</i>	0	0,00
<i>riz</i>	0	0,00
<i>eau</i>	0	0,00

ANNEXE 16

Lexique des produits végétaux rencontrés

<u>Nom français</u>	<u>Nom scientifique</u>	<u>Nom Bissa</u>
Baobab	<i>Adansonia digitata</i>	Horlé
Oignon	<i>Allium cepa</i>	Salensassi lé
Morelle noire	<i>Solanum nigrum</i>	Yinkun
Corète	<i>Corchorus olitorius</i>	Duntala
Arachide	<i>Arachis hypogaea</i>	
Chou	<i>Brassica oleracea var capitata</i>	
beurre de karité	<i>Butyrospermum parkii</i>	
Piment rouge	<i>Capsicum frutescens</i>	Sanum
Kapokier (calices)	<i>Bombax costatum</i>	gisi
Huile de palme rouge	<i>Elaeis guineensis</i>	Bé gnon
Gombo	<i>Hibiscus esculentus</i>	Kouru
Oseille	<i>Hibiscus sabdarifa</i>	Hansa
Feuilles d'haricot	<i>Vigna unguiculata</i>	
Sorgho	<i>Sorghum spp</i>	
Tomate	<i>lycopersicon esculentum</i>	Tomate
Riz	<i>Oriza sativa</i>	

Lexique des abréviations et sigles

µg ER /100 g: micro-gramme d'Equivalent Rétinol pour 100 gramme de sauce

CAP: Connaissances, attitudes, et pratiques

CIC: test d'impression oculaire

CIN: Conférence internationale sur la nutrition

CNN: Centre national de nutrition

CSPS: Centre de santé et de promotion sociale

DEA: Diplôme d'étude approfondi

DESS: Diplôme d'étude supérieure spécialisé

DVS: Densité de vitamine A en µg ER / 100 g de sauce, calculé en fonction de la teneur théorique de la sauce nécessaire pour couvrir les besoins

ER: Equivalent Rétinol

FAO: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

FAST: Faculté des Sciences et Technique

g: gramme

HPLC: Chromatographie Liquide Haute Performance

Huile "Dinor": Huile de palme raffinée

I.S.O: Infirmier spécialisé en ophtalmologie

ICCIDD: Conseil international pour la lutte contre les troubles dus à une carence en iode

ICT: Impression conjonctival transférée

INACG: Groupe consultatif international sur les anémies nutritionnelles

IVACG: Groupe consultatif international sur la vitamine A

MPE: Malnutrition protéine-énergétique

Nb Sce: Nombre de sauces

OMS: Organisation Mondiale pour la Santé

PED: Pays en Développement

QMSC: Quantité Moyenne de Sauce Consommée à chaque repas

RBP: Retinol Binding Protein

RDR test: le test de la dose relative

RPO: Red Palme Oil \ huile de palme rouge

tRPOc: teneur en rétinol de l'huile de palme rouge commerciale

UNICEF: Fonds des Nations Unies pour l'enfance

USAID: United states Agency for international developpement

WHO = OMS: Organisation mondiale pour la santé



PHOTO. 1



PHOTO. 2