

T H E S E présentée

pour l'obtention

du

DIPLOME de DOCTEUR de 3 e CYCLE

à

L' UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

- Paris 6 -

spécialité : Nutrition

mention :

par M. Patrice LE FRANÇOIS

Sujet de la thèse : Etat vitaminique A du Camerounais

soutenue le 23 octobre 1979 devant la commission d'examen composée de :

M. PASCAUD

Président

M. BLAIZOT

examinateur

M. DUPIN

examinateur

M. PETER

examinateur

T H E S E présentée

pour l'obtention

du

DIPLOME de DOCTEUR de 3 e CYCLE

à

L' UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE

- Paris 6 -

spécialité : Nutrition

mention :

par M. Patrice LE FRANÇOIS

Sujet de la thèse : Etat vitaminique A du Camerounais

soutenue le

M. PASCAUD

M. BLAIZOT

M. DUPIN

M. PETER

devant la commission d'examen composée de :

Président

examineur

examineur

examineur

ETAT VITAMINIQUE A DU CAMEROUNAIS

	Page
AVANT-PROPOS	5
INTRODUCTION	7
A) <u>APPERCU GEOGRAPHIQUE DU CAMEROUN</u>	8
1°) Généralités	
2°) Climat	
3°) Végétation et agriculture	
4°) Elevage	
5°) Pêche	
B) <u>MATERIEL ET METHODES</u>	
1°) <u>Sujets enquêtés</u>	11
a) Enquêtes alimentaires par interrogatoire	
b) Enquêtes biochimiques	
- Centre-Sud et Littoral	
- Est et Ouest	
- Nord	
2°) <u>Méthode de dosage des caroténoïdes et de la vitamine A sériques</u>	
a) Principe	17
b) Matériel	
c) Réactifs	
d) Méthode	
e) Gamme-étalon de β carotène	
f) Gamme-étalon de vitamine A	
g) Séparations chromatographiques et dosages par fluorimétrie	
3°) <u>Méthodes statistiques</u>	20
C) <u>RESULTATS</u>	
I) <u>ETAT VITAMINIQUE A DU CAMEROUNAIS</u>	21
1°) <u>Enquêtes alimentaires par interrogatoire</u>	
a) Plaine des Mbo	
b) Région de Touboro	

	Page
2°) <u>Dosages biochimiques</u>	
a) Méthode de dosage	22
α) Reproductibilité	
β) Effet de la saponification	
γ) Dosages avec ou sans chromatographie et essais par fluorimétrie	
δ) Conservation des échantillons de sérum	
b) Résultats moyens	26
c) Effet de l'âge	34
d) Effet du sexe	36
e) Variation saisonnière	37
f) Caroténoïdémie et carotinodermie palmaire	38
g) Etude des corrélations	
α) Analyse factorielle	39
β) Corrélation entre la caroténoïdémie et la vitaminémie A	46
γ) Liaison entre la vitaminémie A et la gammaglobulinémie	46
δ) Liaison entre la croissance et la vitaminémie A	46
ϵ) Vitamine A et anémie	47
II.) <u>VITAMINEMIE A ET MALADIES PARASITAIRES</u>	48
a) Parasitoses intestinales	
b) Onchocercose	
III.) <u>VITAMINEMIE A ET ROUGEOLE</u>	49
<u>DISCUSSION</u>	52
<u>RESUME</u>	70
<u>SUMMARY</u>	72
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	74
Annexe : Table de composition en carotène et en vitamine A de quelques aliments consommés en Afrique (FAO 1970)	82

Ce travail a été réalisé au Cameroun dans le cadre de la Division Nutrition de l'Institut de Recherches Médicales et d'Etude des Plantes Médicinales de l'Office National de la Recherche Scientifique et Technique (ONAREST).

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur KOM-ROGTO, Directeur du Service de Nutrition de l'ONAREST grâce auquel la réalisation de ce travail à été facilitée.

AVANT - P R O P O S

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur le Professeur PASCAUD pour l'enseignement qu'il m'a dispensé dans le cadre du D.E.A. de Nutrition et d'Alimentation des Animaux Domestiques à l'Université de Paris VI, les conseils qu'il m'a donnés et pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider le jury de cette thèse. Mes remerciements vont également à Monsieur le Professeur ELIZOT, à Monsieur le Professeur BEITER et à Monsieur le Professeur DUPIN qui ont bien voulu juger ce travail et faire partie du jury.

Je remercie Monsieur A. FRANCOIS, Président du Comité Technique de Nutrition de l'O.R.S.T.O.M. de m'avoir autorisé à présenter ce travail et aussi pour les conseils qu'il m'a prodigués lors de ma formation à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

A Monsieur le Professeur et à Madame J. ELIZOT qui ont bien voulu m'accueillir en stage dans leur laboratoire à Bordeaux, en Octobre 1973, pour l'expérience et les conseils qu'ils m'ont apportés au cours de ma Direction Scientifique à l'O.R.S.T.O.M., j'exprime mes remerciements les plus sincères.

Je suis reconnaissant au Docteur L. MORJOUR (Hôpital Pitié-Salpêtrière, Paris) d'avoir accepté de me parrainer auprès de l'Office et de nous avoir utilement conseillé pour les orientations à apporter dans nos études sur les relations entre ^{la} nutrition et les infections.

A mes collègues nutritionnistes de l'O.R.S.T.O.M., en témoignage de ma profonde reconnaissance et en particulier à Monsieur J. C. FAVIER, Chef de la Section Nutrition de l'ORSTOM de Yaoundé.

Tous mes remerciements s'adressent également à Monsieur le Professeur J. MBEDE (Centre Universitaire des Sciences de la Santé, Yaoundé) pour sa précieuse collaboration à l'étude chez les enfants rougeoleux.

Il m'est agréable de remercier tout particulièrement Monsieur le Professeur R. AJARON (Centre Universitaire des Sciences de la Santé, Yaoundé) pour les conseils qu'il m'a donnés lors de mon initiation aux dosages de l'iode protéique sérique chez des goitreux de l'Est Cameroun et d'avoir bien voulu m'associer à ses recherches sur des sujets albinos.

A Monsieur le Docteur J. LE BRIS (Organisation de Coordination pour la lutte contre les Endémies en Afrique Centrale, Yaoundé) et Messieurs les entomologistes de l'O. R. S. T. O. M. grâce auxquels j'ai pu participer à une enquête sur l'onchocercose au Nord Cameroun, j'adresse ma vive reconnaissance.

Je tiens à remercier vivement les personnes de Yaoundé qui nous ont aidées à réaliser ce programme tant par leurs conseils que par leurs prêts de matériel : Messieurs les Docteurs DURAND et GATEFF (O.C.E.A.C., Yaoundé), GUYER (Center for Diseases Control, Atlanta), MARTINEAUD (O.M.S., Yaoundé), RIPERT (C.U.S.S., Yaoundé), les médecins et techniciens de l'Institut Pasteur de Yaoundé, ainsi que Monsieur C. BOURGEOIS (F. HOFFMAN-LAROCHE, Paris).

Je remercie le Docteur H. GOUNELLE DE FONTANEL (Centre de Recherches Foch , Paris) de m'avoir aimablement communiqué des références bibliographiques concernant les travaux effectués sur la carotino-dermie en France.

A Messieurs les responsables de dispensaires où nous avons travaillé et en particulier à Ms. M. TAYLOR, pour leur efficace collaboration, que ce rapport soit pour eux un témoignage de notre profonde gratitude.

Ma reconnaissance s'adresse également aux techniciens et laboratins du Laboratoire de Nutrition de l'Institut de Recherches médicales et d'Etude des Plantes Médicinales de Yaoundé qui, avec dévouement et bonne volonté ont participé à l'accomplissement de ce travail.

Les remerciements s'adressent aussi aux agents administratifs et cartographes du Centre O.R.S.T.O.M. de Dakar qui ont su mener à bien la dactylographie, la cartographie et l'impression de cette thèse.

I N T R O D U C T I O N

Dans les pays en voie de développement, la xérophtalmie a été reconnue être un des troubles nutritionnels appelant une action prioritaire (OMS, 1976). La xérophtalmie est présente en Asie, au Proche Orient, dans certaines régions d'Amérique Latine ; elle existe en Afrique en zone de savane lorsque les populations utilisent peu de produits animaux et végétaux riches en vitamine A.

Plusieurs moyens sont disponibles pour apprécier l'état nutritionnel en vitamine A d'une population : l'examen clinique, l'enquête alimentaire et les analyses biochimiques.

Si les signes cliniques oculaires de la carence en vitamine A ont été décrits depuis fort longtemps, ce n'est que récemment que l'OMS (1976) a établi une classification de la xérophtalmie ; celle ci permettra d'uniformiser et de comparer valablement les enquêtes cliniques d'avitaminose A.

Notre contribution personnelle à l'appréciation de l'état nutritionnel en vitamine A au Cameroun repose sur 2 "enquêtes alimentaires " par interrogatoire et des dosages sanguins de caroténoïdes totaux et de vitamine A chez des sujets apparemment sains habitant dans diverses régions du pays et chez des enfants affectés de rougeole.

A) APERÇU GÉOGRAPHIQUE DU CAMEROUN

Le Cameroun est un pays "charnière" entre les parties occidentale et centrale du continent africain. On l'a souvent qualifié d'Afrique noire en miniature de par la diversité de ses reliefs, de ses climats, de sa végétation et de ses hommes (plus de 100 ethnies).

1^o) Généralités

Le Cameroun est un pays d'Afrique Centrale qui s'étend entre les 12^o et 2^o degré de latitude Nord. Il est limité au Nord par le Lac Tchad et au Sud-Ouest par l'Océan Atlantique. Ses frontières sont en contact avec celles du Nigéria, du Tchad, de l'Empire Centrafricain, du Congo, du Gabon et de la Guinée équatoriale (fig. 1).

Le trait marquant du relief est l'existence d'une grande ligne de fractures orientée SO - NE qui va du golfe du Biafra au Lac Tchad ; on rencontre successivement des massifs formés de roches éruptives : le mont Cameroun (4070 m) au Sud Ouest, les massifs de l'Ouest, le plateau central de l'Adamoua et les monts du Mandara au Nord. Le plateau du Sud a une altitude moyenne de 600m.

2^o) Climat

Le Cameroun possède une gamme très variée de climats.

1. - Le climat camerounien règne sur la région de Douala avec une pluviométrie très forte, 4 m dans la capitale économique et une température variant de 22 à 32^o C.

2. - Le climat d'altitude sur les plateaux de l'Ouest est plus frais et moins humide (1.30 m d'eau et une température moyenne annuelle de 20^o C).

3. - Le climat équatorial guinéen sur le Sud du pays (région de Yaoundé) est caractérisé par une pluviométrie de 2 m d'eau répartie en 2 saisons des pluies de Mars à Juin et de Septembre à Novembre et une amplitude thermique moyenne (minimum moyen 18^o ; maximum moyen 30^o).

4. - le Nord du pays jusqu'au niveau du rétrécissement " du bec de canard" a un climat tropical, avec une saison des pluies de 5 à 7 mois d'Avril à Octobre. La saison sèche est fraîche de Novembre à Janvier, et torride de Février à Avril. La pluviométrie, assez élevée sur les plateaux de l'Adamoua (1,80 m à Ngoundéré) est plus basse à Gaoua (1 m).

5. - L'extrême Nord a un climat sahélien avec une pluviométrie de 0.6 m à Maroua. La saison des pluies dure de Juin à Septembre. La température moyenne minimale est de 14^o, la maximale 41^o C.

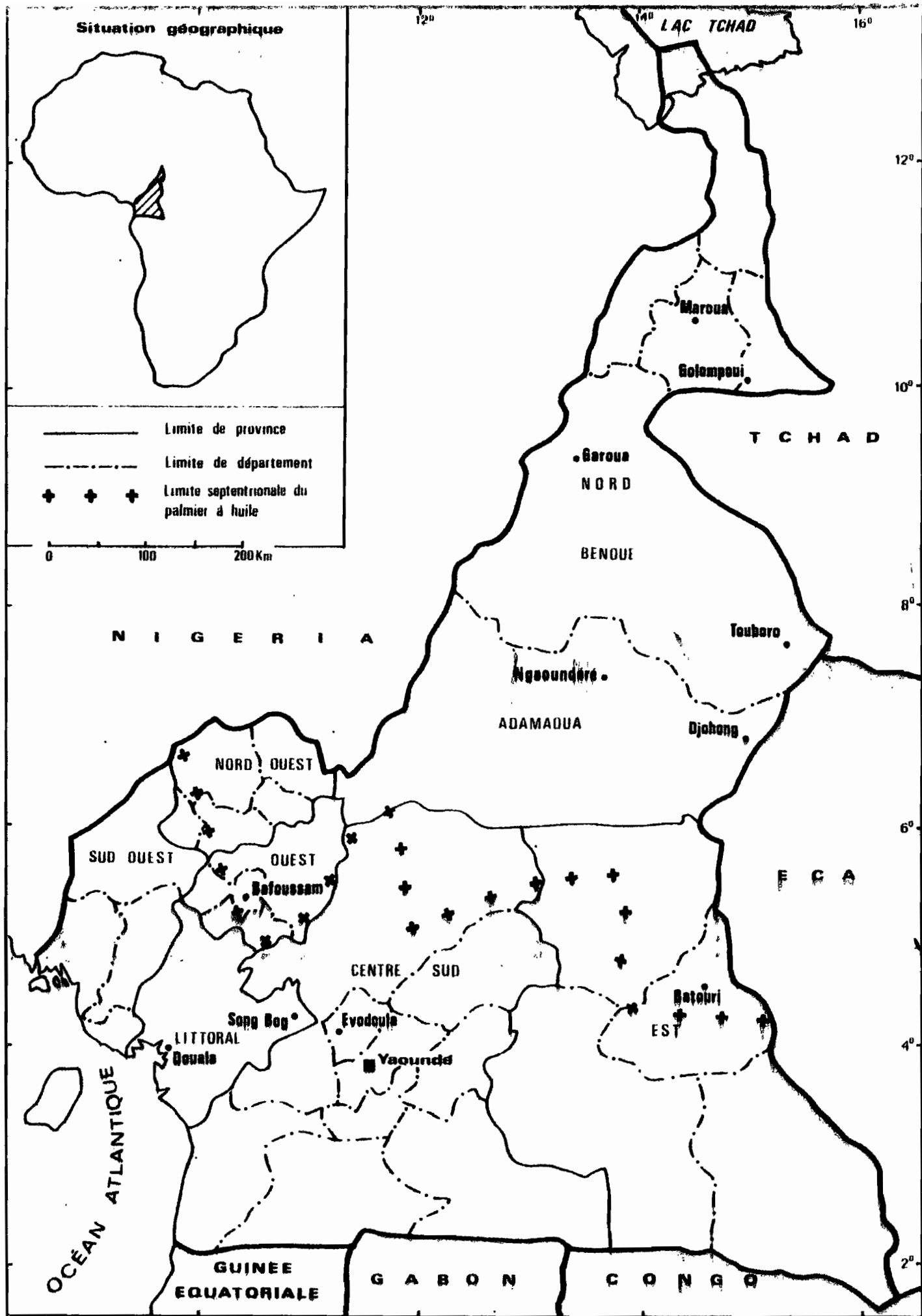


FIG. 1 CARTE DU CAMEROUN

39) Végétation et agriculture

La végétation épouse les contrastes climatiques avec quelques nuances suivant l'altitude.

Les formations végétales sont du Sud au Nord : la mangrove dans les secteurs côtiers, la forêt dense dans le Sud, la savane herbeuse sur les montagnes de l'Ouest, la savane arborée dans l'Adamoua avec des forêts galeries le long des rivières, la savane à acacias et à baobabs dans la région de la Bénoué (Nord), la brousse à épineux dans l'extrême Nord du pays.

Les cultures sont très variées. Les tubercules poussent dans le Sud (macabo, taro, manioc) ainsi que la banane plantain, les arachides. Les terres volcaniques fertiles de l'Ouest-Cameroun permettent la culture du maïs, des pommes de terre, haricots, igname, riz et banane plantain. Le palmier à huile *Elaeis guineensis* se développe dans toute la partie Sud-Ouest du pays, schématiquement au Sud d'une ligne Bafoussam-Batouri (fig. 1). Les cultures industrielles sont le cacao, la café et le tabac, dans les massifs de l'Ouest.

L'Adamoua est une région intermédiaire où l'on rencontre encore des plantations de tubercules et où le mil apparaît.

Le Nord-Cameroun est un terrain de prédilection pour le mil (et dans certaines zones pour le riz) que l'on associe généralement à l'arachide, ou au coton.

49) Elevage

L'élevage des bovins est empêché dans le Sud à cause de la maladie du sommeil ; on y trouve des volailles, caprins et porcins. L'Ouest est propice au petit et au gros élevage. L'élevage extensif des bovins est pratiqué dans le Nord où la possession de zébus est assimilée à un symbole de richesse ; la production de lait demeure faible.

59) Pêche

La pêche maritime ou industrielle connaît un développement important au Cameroun. Le poisson est commercialisé congelé ou séché, ce qui permet une diffusion plus large à l'intérieur du pays. La pêche continentale est pratiquée autour du Lac Tchad et sur la Bénoué dans le Nord, sur leouri dans le Sud ; le poisson est séché et fumé sur les lieux de pêche.

B) MATERIEL ET METHODES

1^a) Sujets enquêtés

a) Enquêtes alimentaires par interrogatoire

Une enquête alimentaire par interrogatoire effectuée en Juin 1974 dans 9 villages de la plaine des Mbo (Ouest-Cameroun) a porté sur 113 ménages, soit une population totale de 621 personnes (BREGUES et al. 1974). A chaque tête de famille, un questionnaire simple était posé. Il était destiné à connaître les aliments couramment consommés et les préférences alimentaires des personnes interrogées. Pour évaluer grossièrement l'apport de vitamine A, nous avons tenté d'apprécier la consommation d'huile de palme par ménage dans la semaine précédente. Le plus souvent elle était achetée au marché.

En février 1976, une enquête alimentaire très sommaire dans 13 villages autour de Touboro (Nord Cameroun), auprès des chefs de villages a permis de connaître les principaux aliments consommés par les villageois en fin de saison sèche. (JOSEPH et al. 1977).

b) Enquêtes biochimiques

Les prélèvements de sang ont été effectués dans 5 provinces du Cameroun : le Centre-Sud, le Littoral, l'Ouest, l'Est et le Nord.

Le Centre-Sud et le Littoral sont 2 provinces situées au Sud du pays, en zone forestière où est consommée l'huile de palme (fig. 1) ; il s'agit de sujets apparemment sains. L'Ouest et l'Est sont des régions de transition avec une végétation moins dense, des forêts galeries le long des rivières, peu de palmiers à huile.

- Centre-Sud et Littoral .

Les prélèvements effectués chez 13 nouveaux-nés proviennent du sang du cordon lors d'accouchements à la maternité Principale de Yaoundé.

Les 57 adultes sont des sujets apparemment sains, 47 hommes et 10 femmes habitant la capitale et travaillant au laboratoire de l'ONAREST pour la plupart d'entre eux. 10 hommes adultes expatriés travaillant dans le même service ont également été prélevés.

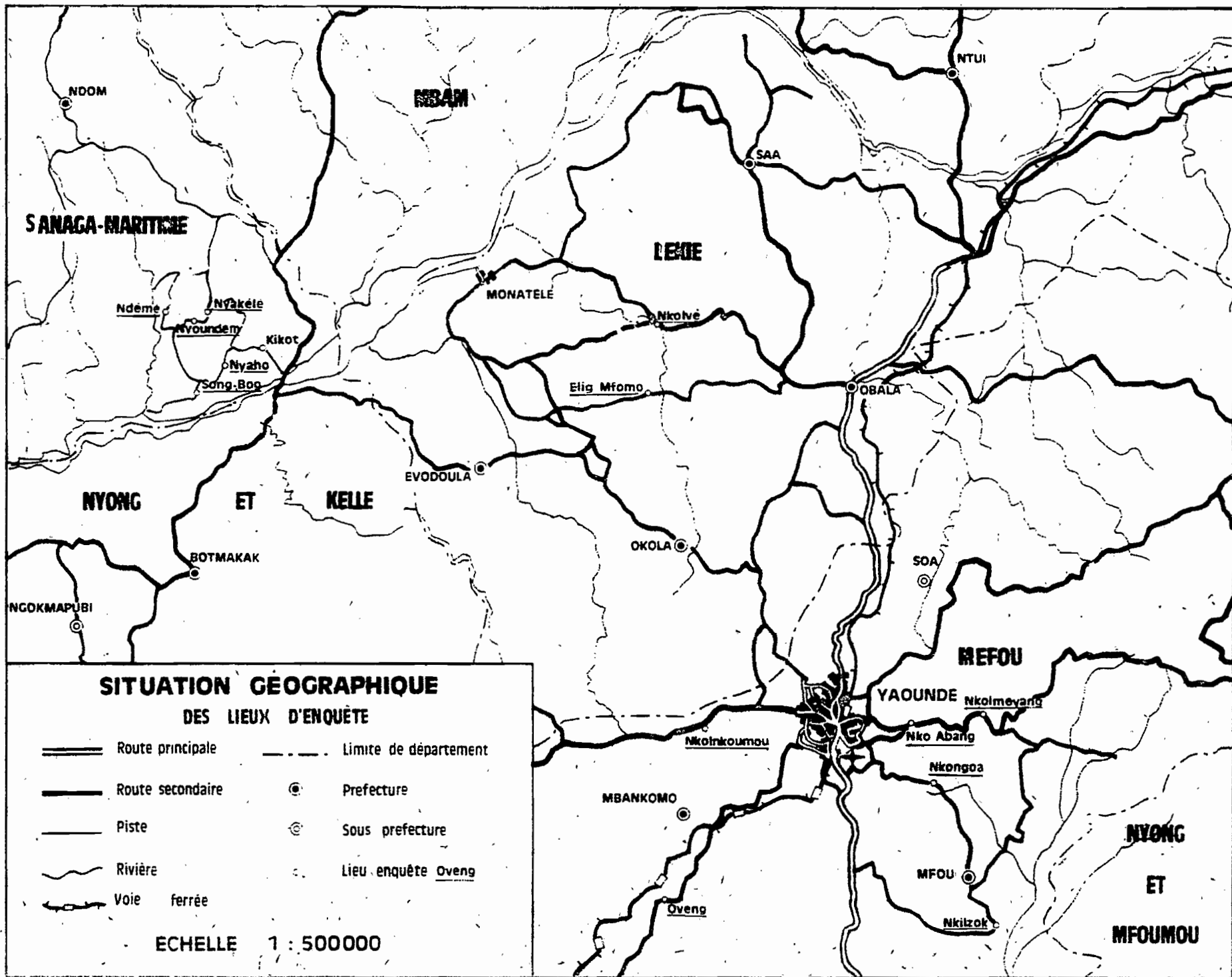
Les enfants de 8 à 20 mois étudiés dans les provinces du Centre-Sud et du Littoral se rapportent à une étude sur les relations entre l'état nutritionnel en vitamine A et les infestations parasitaires. Il s'agit de 275 enfants qui sont venus avec leur mère dans les dispensaires où nous les avons convoqués. Les lieux d'enquête ont été reportés sur la fig. 2. Sur place nous avons relevé l'état civil des enfants, interrogé les mères sur le mode d'alimentation de leur enfant. Les mesures anthropométriques suivantes ont été prises : poids, taille, périmètres crânien et thoracique ainsi que le pli cutané tricipital. Nous avons aussi effectué un examen de selles pour la recherche des oeufs de parasites intestinaux ; lorsqu'on n'a pas observé d'oeufs d'helminthes après observation de 2 lames, un enrichissement selon la méthode de flottation de WILLIS a été pratiqué. Du sang a été ponctionné à la veine fémorale avec le système de tubes à prélèvements sous vide. Dans la mesure du possible 4 ml de sang ont été recueillis sur tube siliconé et 1 ml sur anticoagulant (EDTA). Un frottis sanguin a été effectué pour déterminer la formule leucocytaire. Les échantillons de sang ont été conservés à l'abri de la lumière, à température ambiante dans le cas des dispensaires proches de Yaoundé et à + 4° C dans le cas des dispensaires des départements de la Lékié et de la Sangha maritime. Chaque enfant a reçu le traitement antiparasitaire suivant : 250 mg de Tiabendazole 2 jours successifs, associé à 30 mg de Lévanisole ; il a été répété tous les 2 mois et demi. 5 mois après le début du traitement nous avons effectué à nouveau les mesures anthropométriques et la prise de sang chez les 152 enfants qui sont revenus. Au laboratoire les analyses suivantes ont été pratiquées dans les 48 h : numération de leucocytes, formule leucocytaire, hématocrite, teneur en hémoglobine, protéides totaux, électrophorèse des protéines, fer sérique, caroténoïdes et vitamine A. L'ensemble des résultats anthropométriques et biochimiques a été publié antérieurement (LE FRANCOIS et al. 1975).

Les enfants examinés se répartissent ainsi en fonction de l'âge et du sexe au début du traitement :

Tableau I : - Répartition des enfants du Centre-Sud et du Littoral en fonction de l'âge et du sexe.

Age en mois	8	11	14	17	20	TOTAL
Sexe						
Garçons	39	49	32	32		152
Filles	28	37	33	23		121
TOTAL	67	86	65	55		275

Fig 2



Du point de vue anthropométrique, la répartition des enfants examinés d'après leur poids en fonction de la taille exprimée en % de la norme de Harvard (JELLIFFE 1969), montre que leur état de nutrition protéino-énergétique est satisfaisant dans l'ensemble ; 80 % des enfants ont un poids par rapport à la taille supérieur à 90 % de la norme, 20 % des enfants ont un poids par rapport à la taille compris entre 81 et 90 % de la norme (malnutrition protéino-énergétique de stade 1).

Les 31 enfants rougeoleux ont été examinés par le Professeur MBEDE, certains hospitalisés à l'Hôpital de Yaoundé, d'autres suivis à la consultation entre Janvier et Mai 1975. Ces enfants, 17 garçons et 14 filles étaient pour les 2/3 d'entre eux âgés de 8 à 20 mois. Pour chaque enfant, nous avons interrogé les parents sur le régime alimentaire, procédé à un examen clinique et pratiqué les mensurations suivantes : poids, taille, périmètres crânien et thoracique. Un échantillon de sang a été prélevé par ponction veineuse, au cours de la première semaine de la maladie, pendant la période d'invasion ou moins de 4 jours après le début de l'éruption. Un deuxième échantillon de sang a été prélevé de 9 à 12 jours après le premier chez 10 enfants qui ont répondu à la convocation. Des ponction veineuses ont été pratiquées dans les mêmes conditions chez 15 enfants témoins (8 garçons et 7 filles) âgés de 6 mois à 4 ans. Parmi eux, 6 enfants n'avaient aucune maladie et 9 étaient atteints de diverses affections autres que la rougeole ou ses complications : pneumopathie, paludisme, aplasie médullaire, splénomégalie et ~~gastroentérites~~ gastroentérites. Du point de vue du traitement des enfants rougeoleux, tous les enfants ont été mis sous antibiotiques, l'administration de collyre d'antibiotiques a été systématique ; certains malades ont bénéficié de perfusions intraveineuses lorsque cela s'avérait nécessaire.

L'état de nutrition général apprécié à la fois par l'examen clinique et par les mesures anthropométriques s'est révélé satisfaisant. Pour les enfants âgés de 20 mois et moins, le poids et la taille correspondent à ceux observés dans la région dans un groupe d'enfants de même âge (LE FRANCOIS et al. 1975). Les enfants encore au sein y ont été laissés. Dans l'ensemble des indications diététiques ont été données dans le sens d'une diversification de l'apport alimentaire et d'une augmentation de la ration protéidique sous forme d'œufs, de viande et de poisson. Pendant la période d'observation clinique il n'a été donné ni foie, ni abats, ni suppléments en vitamines. L'évolution des rougeoleux a toujours été favorable ; à la 3ème semaine tous les enfants allaient mieux et leur appétit s'était amélioré. Le gain pondéral moyen des enfants qui ont été revus et pesés à la 3ème semaine a été de 350 g en 10 jours (MBEDE et LE FRANCOIS 1978).

Pour l'étude de la liaison entre la carotinodermie palmaire et la teneur en caroténoïdes sériques les 69 sujets mélanodermes proviennent du Centre-sud, de Yaoundé (19 cas) et d'Etong-Biyoe à proximité d'Obala (50 cas). Cet échantillon est composé de 2 enfants et 67 adultes (38 hommes, 31 femmes.). Par ailleurs 17 albinos ont été examinés à Yaoundé (14 cas) et à Okola (3 cas), 2 enfants et 15 adultes dont 8 hommes et 9 femmes. Les résultats de cette étude ont été publiés récemment (AQUARON et al. 1973).

- Est et Ouest

Dans les provinces de l'Est et de l'Ouest les prélèvements de sang ont été effectués par le Professeur AQUARON. Les dosages de caroténoïdes et de vitamine A ont été faits en simple après moins de 4 semaines de stockage à - 15° C.

Dans l'Est les prélèvements ont été effectués en début de saison des pluies chez 51 sujets situés dans une zone d'endémie goitreuse, à proximité de Bateuri. Il s'agit d'1 enfant et de 50 adultes dont 19 hommes et 32 femmes.

Pour l'étude de la liaison entre la coloration de la paume de la main et la teneur en caroténoïdes sériques, 26 sujets albinos ont été examinés dans l'Ouest dans la région de Bafoussam : 11 enfants et 15 adultes (17 hommes, 9 femmes).

- Nord

Les sujets étudiés dans le département de la Bénoué sont en zone de savane dans un foyer d'onchocercose. Une étude épidémiologique pluridisciplinaire entomologie-parasitologie - nutrition a été réalisée en fin de saison sèche, en Février 1976 par une équipe de l'OCEAC (LE BRAS et al. 1976). L'enquête a porté sur 1801 personnes réparties dans 13 villages à proximité de Touboro. Pour chaque personne examinée on notait l'âge, le sexe ; l'examen clinique comportait essentiellement la recherche des syndromes oculaire, cutané, kystique et lymphatique de l'onchocercose. Les principaux signes de carence nutritionnelle rencontrés ont été notés. Un examen parasitologique a été pratiqué sur chaque individu, il comportait 2 volets :

- un prélèvement de sang capillaire de 20 mm³ au moyen d'une pipette calibrée pour la recherche des microfilaires sanguicoles, effectué à la pulpe du 3^{ème} doigt.

- une biopsie dermique (snip calibré) réalisée au niveau de la crête iliaque à l'aide d'une pince "emporte-pièce" de WILSLER d'un diamètre de 2.3 mm en vue du comptage des microfilaries *Onchocerca volvulus*. Les biopsies dermiques placées dans du liquide physiologique ont été examinées un quart d'heure plus tard au microscope (grossissement 60 X) entre lame et lamelle pour le dénombrement des microfilaries.

Des prélèvements de sang veineux au pli du coude ont été effectués chez tous les membres de 24 familles (1/10) excepté les enfants âgés de moins d'1 an, déterminées par tirage au sort en vue de l'enquête nutritionnelle. Le sérum a été séparé sur place par centrifugation, mis en glacière et conservé à - 15° C le soir même. 180 échantillons de sérum ont été recueillis pour les dosages suivants : protéines totales, fractions protéiques, phosphore, calcium, magnésium, phosphatase alcaline, caroténoïdes et vitamine A. La transferrine, la préalbumine et la fraction C ^{du} 3 complément ont été déterminées chez les 52 enfants âgés de moins de 5 ans. L'ensemble des résultats biochimiques en relation avec l'état nutritionnel ont été publiés par ailleurs (JOSEPH et al. 1977). Les analyses de caroténoïdes et de vitamine A sériques ont été réalisées après 3 fois de stockage à - 15° C à l'abri de la lumière.

Nous avons représenté sur le tableau II la répartition de 181 sujets de l'enquête biochimique du Nord en fonction de l'âge et du sexe.

Tableau II - Répartition des 181 sujets de l'enquête du Nord Cameroun en fonction de l'âge et du sexe.

Age ans	0-4	5-9	10-14	15-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60 et +	Total
Hommes	21	20	8	4	5	12	10	1	2	83
Femmes	16	25	10	4	17	16	7	2	1	98
Total	37	45	18	8	22	28	17	3	3	181

* 1 fille âgée d'un an n'a pas subi le prélèvement sanguin.

29) Méthodes de dosage des caroténoïdes et de la vitamine A sériques

a) Principe

Nous avons utilisé la méthode de ROELS et al. (1967). Le sérum est saponifié par la potasse éthanolique puis on extrait les composés vitaminiques A avec de l'hexane. Les caroténoïdes totaux sont déterminés par leur absorption à 436 nm. La vitamine A forme avec l'acide trifluoroacétique (TFA) en milieu chloroformique un complexe coloré bleu instable dont on lit l'absorption à 620 nm. Une correction est appliquée pour retrancher l'absorption due aux caroténoïdes présents dans le sérum.

b) Matériel

Pour les lectures dans l'U.V. nous avons utilisé un spectrophotomètre Beckman DB-GT et des cuves en quartz, dans le visible un photomètre Eppendorf muni de filtres de 436 et 623 nm et de microcuves Roucaire de capacité utile 0.2 et 0.5 ml. On a employé des tubes à centrifuger à bouchon à vis de 16 x 100mm Sovirel et un agitateur à mouvement de va et vient Prolabo. Les prélèvements sont effectués avec des pipettes Eppendorf sauf les solutions standard de vitamine A avec une micropipette à constriction de 50 µl Pederson.

c) Réactifs

Nous avons utilisé des produits Merck de qualité ordinaire. L'alcool, le chloroforme, l'hexane et l'isopropanol ont été redistillés avant utilisation. Après distillation le chloroforme est stabilisé avec 0.6 % d'ethanol absolu. Le réactif au TFA est préparé juste avant l'emploi dans un ballon Quick Fit de 10 ml avec 1 volume de TFA et 5 volumes de chloroforme. Nous avons employé des étalons de β carotène MERCK et des capsules standard de vitamine A USP sous forme d'acétate de rétinol, dosées à 30 µg de rétinol par mg de solution dans l'huile de coton.

d) Méthode

Les manipulations ont été effectuées avec une lumière naturelle atténuée et en salle climatisée (température de 20 à 25° C environ) ; 0.5 ml de sérum ajouter 0.5 ml de potasse à 5% dans l'ethanol à 95°. Agiter. Les échantillons sont saponifiés à 60° C pendant 20 mn. Après refroidissement

ajouter 1 ml d'hexane. Agiter les tubes pendant 5 mn et les centrifuger 5 mn à 3 000 tours. Ensuite on transfère 0.7 ml d'hexane dans la semi-microcuve et on lit l'absorption à 436 nm par rapport à un blanc d'hexane. On récupère le solvant dans un tube à hémolyse ainsi que 0.2 ml d'hexane pour rincer la pipette et la cuve. Les échantillons sont évaporés à 60° C sous un courant d'azote. Les dernières traces d'hexane sont évaporées à température ambiante. L'extrait est remis en solution dans 50 µl de chloroforme. Ajouter 0.2 ml de réactif au TFA. On agite et on lit l'absorption à 623 nm par rapport à un blanc de réactif au TFA, exactement 30 secondes après avoir ajouté le réactif .

e) Gamme - étalon de β carotène

Le β carotène est très instable, les solutions standard doivent être préparées juste avant l'emploi. Peser 50 mg de β carotène et le dissoudre dans quelques ml de chloroforme. On complète à 100 ml en fiole jaugée inactinique avec de l'hexane. Préparer une solution intermédiaire diluée 50 fois dans l'hexane : elle sert à la confection de solutions contenant 0.05, 1, 1.5 et 2 µg de β carotène/ml.

On prélève 0.7 ml de chaque solution et on lit la DO à 436 nm.

La teneur en carotène du sérum en µg/100 ml est 1058. DO 436. Le coefficient a été déterminé à partir de 19 courbes d'étalonnage.

Comme le carotène réagit avec le réactif au TFA, il est important pour un échantillon de sérum de connaître l'absorption à 623 nm due au carotène. Pour cela on établit la courbe d'étalonnage du β carotène à 623 nm. On récupère l'hexane et les tubes de la gamme sont ensuite traités de la même manière que les échantillons de sérum. L'absorption du β carotène avec le réactif au TFA est proportionnelle à la concentration en β carotène : $DO_{623} = 0.37 \cdot DO_{436}$. Pour chaque échantillon de sérum, on corrigera à l'absorption totale à 623 nm celle qui est due au carotène ; la précision de la valeur obtenue pour la vitamine A dépendra de la quantité de caroténoïdes du sérum sous forme de β carotène puisque l'on effectue une correction en supposant que tous les caroténoïdes sont sous forme de β carotène.

f) Gamme - étalon de vitamine A

Peser 200 mg de solution étalon de vitamine A USP et compléter à 100 ml avec de l'hexane en fiole jaugée inactinique. La solution mère contient 60 µg

de rétinol/ml. Elle se conserve au moins 1 mois à 4° C et à l'abri de la lumière.

On contrôle la teneur en vitamine A de la solution mère par spectrophotométrie. Prélever 5 ml de solution mère, évaporer à 50° C sous vide. Reprendre quantitativement l'extrait dans l'isopropanol et compléter à 100 µl en fiole jaugée. On établit le spectre d'absorption de la solution diluée de 300 µl^a 350 par rapport à un blanc d'isopropanol. L'extinction maximale E_{max} entre 326 et 328 nm permet de calculer la teneur en vitamine A de la solution mère, en µg de rétinol/ml d'hexane :

$$\frac{E_{max}}{100} \cdot \frac{1900}{5} \cdot \frac{100}{0.3} = 114 \cdot E_{max}$$

Le résultat doit être compris dans l'intervalle 58.3 - 61.2 µg de rétinol/ml d'hexane.

A partir de la solution mère, on prépare des solutions contenant 0, 1.5, 3 et 6 µg de rétinol/ml d'hexane. Ces solutions se conservent au moins 7 jours à + 4° C à l'abri de la lumière.

On ajoute 50 µl de chaque solution de la gamme à 0.5 ml de sérum physiologique. Ensuite la gamme - étalon effectuée en double suit les mêmes manipulations que les échantillons de sérum.

La teneur moyenne en vitamine A d'une sérum en µg de rétinol/100 ml est 198.1 (DO₆₂₃ - 0.37 DO₄₃₆)
Le premier coefficient a été calculé à partir de 87 courbes d'étalonnage.

g) Séparations chromatographiques et dosages par fluorimétrie

Les chromatographies ont été effectuées selon le procédé recommandé par AWDEH (1965). L'adsorbant utilisé est du gel de silice pour chromatographies sur colonnes dont le diamètre des particules ne dépasse pas 80 µ (ref. Merck 7729).

Les dosages par fluorimétrie ont été conduits avec un fluorimètre Eppendorf muni d'un filtre primaire 313-366 nm et d'un filtre secondaire 470 - 5 000 nm selon la méthode de SELVARAJ (1970).

39) Méthodes statistiques

Pour les petits groupes de sujets étudiés dans le Centre-Sud (nouveaux-nés, enfants rougeoleux, adultes, albinos, expatriés), dans les provinces de l'Est et de l'Ouest, on a supposé que les teneurs en caroténoïdes et en vitamine A observées étaient distribuées normalement, autrement dit selon la loi de LAPLACE-GAUSS.

Dans le cas des groupes plus importants du Centre et du Littoral (enfants de 8 à 20 mois) et du Nord, une étude de la distribution a été entreprise. Lorsque les résultats des paramètres biochimiques ne sont pas distribués selon la loi normale, on a effectué un changement de variable de la forme : $z = a + b \ln x$ et nous avons vérifié que les données transformées z sont distribuées normalement (test du Chi 2). La moyenne, l'écart-type et la médiane de la distribution log-normale sont alors définis par les formules suivantes données par CALOT :

$$\bar{x} = e^{m + \frac{\sigma^2}{2}} \quad s = e^{m + \frac{5\sigma^2}{4}} \sqrt{1 - e^{-\sigma^2}} \quad M = e^m$$

où m et σ^2 sont respectivement la moyenne et la variance des $\ln x$. Les tests ultérieurs ont alors été effectués sur les données transformées. Dans le cas d'une distribution log-normale, l'écart-type n'a plus la même signification parce que la distribution des données n'est pas symétrique autour de la moyenne ; la courbe en cloche est déportée vers les valeurs élevées de x , x variant entre 0 et $+\infty$. Les meilleures caractéristiques d'une ^{distribution} log-normale sont la moyenne, l'amplitude de la distribution (s'il y a moins de 100 données), l'intervalle de confiance à 95 % d'une donnée (s'il y a plus de 100 données).

Le but de la normalisation des données est de faire diminuer leur variation donc d'accroître la puissance des tests statistiques utilisés ultérieurement.

Lorsque c'était possible, l'effet de l'âge et du sexe ont été déterminés simultanément par une analyse de variance. Les moyennes ont été comparées 2 à 2 par le test du t de STUDENT, après vérification de l'hypothèse d'égalité des variances.

Les corrélations entre paramètres ont été calculées individu par individu et éventuellement lorsqu'un autre paramètre pouvait avoir une influence sur la corrélation étudiée, on le maintenait constant par l'utilisation des corrélations partielles (SCHWARTZ 1972).

Une analyse factorielle a été effectuée sur 9 variables chez 257 enfants (8 - 20mois) à partir de la matrice des coefficients de corrélation. Cette analyse a été réalisée sur un ordinateur IBM 370 à l'aide du programme OSIRIS - FACTAN.

Dans l'étude chez les enfants rougeoleux, lorsque l'hypothèse d'égalité des variances n'était pas vérifiée nous avons utilisé un test non paramétrique pour comparer les moyennes entre les enfants rougeoleux en 1ère semaine, non rougeoleux et sains : le U de MANN et WHITNEY (SCHWARTZ 1972). Lorsque les variances des paramètres étudiés chez les enfants rougeoleux en 1ère et 3^{ème} semaine de la maladie différaient, les comparaisons ont été faites par le test T de WILCOXON.

Dans l'étude chez les onchocercariens du Nord, l'effet de l'intensité de l'onchocercose a été évalué en répartissant les sujets en 4 classes suivant le nombre de microfilaires dans le snip : 0, 1-50, 51-250, 251 et plus. L'effet des microfilaires sur chacun des paramètres biochimiques a été apprécié par des comparaisons de moyennes dans des classes de même âge et par des corrélations partielles en éliminant l'effet de l'âge.

C) RESULTATS

I) ETAT VITAMINIQUE A DU CAMEROUNAIS

1°) Enquêtes alimentaires par interrogatoire

a) Plaine des Mbo

Pour la majorité des familles enquêtées nous avons pu évaluer l'importance des achats d'huile de palme. Nous en avons déduit la consommation qui est de 0.5 L/ personne/semaine.

Connaissant l'apport moyen journalier d'huile de palme par personne on en déduit (d'après la teneur en bêta carotène de cette huile de 37 à 129 mg/100 g ; FAO 1970) l'apport en bêta carotène assuré par cet aliment par personne et par jour. Sachant que le besoin journalier en vitamine A d'un adulte est fixé à 4 500 µg de carotène (FAO 1967), nous en avons déduit que l'apport en vitamine A assuré par l'huile de palme couvrirait de 3 à 15 fois le besoin (BRENGUES et al. 1974).

L'interrogatoire a permis de mettre en évidence la consommation de banane plantain, de maïs, de légumes verts et feuilles (*Amaranthus hybridus*, *Vernonia colorata*, *Vernonia amygdalina*, *Solanum nigrum*...) qui sont des sources importantes de carotène. Les fréquences de consommation de produits d'origine animale sont faibles. Nous avons rapporté en annexe la composition en équivalent β carotène et en vitamine A de quelques aliments consommés en Afrique (d'après la table de la FAO 1970).

b) Région de Touboro

L'enquête très succincte effectuée en fin de saison sèche n'a montré aucune consommation de fruits, de légumes verts ou de feuilles fraîches (JOSEPH et al. 1977). Il entrait dans la préparation des sauces des feuilles séchées de manioc, gombo etc. ... L'aliment de base le plus consommé était le mil blanc. Apparemment l'apport alimentaire de carotène était faible. Dans les villages des manguiers étaient porteurs de fruits non mûrs : ils arrivent à maturité en Mars-Avril ; les mangues sont très appréciées pendant la saison.

L'apport de vitamine A d'origine animale n'a pu être précisé : on nous a dit que la pêche et la chasse étaient pratiquées en saison sèche ; le poisson serait consommé fréquemment et en particulier dans les villages proches des rivières, parfois même il serait mangé par les pêcheurs eux-mêmes sur le lieu de la pêche. Quelques chèvres et poules ont été aperçues, mais il semblerait que la viande et les oeufs soient rarement consommés, à l'occasion d'une fête ou de la réception d'invités. Les Mboum n'élèvent pas de gros bétail, ce sont des cultivateurs (mil, coton, arachides etc ...).

2°) Dosages biochimiques

a) Méthode de dosage

α) Reproductibilité

Elle a été testée en effectuant plusieurs déterminations sur des sérums qui ont été dosés soit simultanément, soit dans des séries différentes (tableau III).

Tableau III - Reproductibilité de la méthode de dosage

Sérum n°	Espèce	Nombre de dosages	dosés dans		Caroténoïdes		Vitamine A			
			1 série	différentes séries	$\bar{x} \pm s$	(C.V. %)	$\bar{x} \pm s$	(C.V. %)		
1	Bœuf	10	+		620	± 6	(1.0)	12.6	± 0.7	(5.6)
1	"	10		+	614	± 13	(2.1)	12.2	± 1.0	(8.2)
2	Porc	20	+		8.1	± 1.3	(16.0)	12.0	± 1.5	(12.5)
3	Homme	4		+	67	± 7	(10.4)	15.7	± 0.5	(3.2)
4	"	8		+	195	± 3	(1.5)	31.2	± 3.1	(9.9)
5	"	5		+	264	± 4	(1.5)	37.7	± 1.9	(5.0)
6	"	8		+	474	± 19	(4.0)	47.5	± 4.2	(8.8)
7	"	5	+		155	± 4	(2.6)	42.7	± 2.1	(4.9)
7	"	5		+	151	± 3	(2.0)	40.6	± 3.6	(8.9)

⊖ moyenne \pm écart-type (coefficient de variation en %)

La précision du dosage du carotène est de l'ordre de 5 % : le coefficient de variation augmente quand la caroténémie est faible (sérums n° 2, 3). Pour la vitamine A le coefficient de variation est de l'ordre de 10 %

β) Effet de la saponification

Afin d'apprécier l'effet de la saponification, nous avons dosé les mêmes échantillons avec ou sans saponification.

Les échantillons non saponifiés sont préparés avec 0.5 ml de sérum et 0.5 ml d'éthanol à 95°. Après le passage au bain-marie et le refroidissement de la série saponifiée, tous les échantillons sont traités dans les mêmes conditions.

Les résultats moyens sont reportés sur le tableau IV. Sans saponification préalable à l'extraction, les teneurs en carotène et en vitamine A sont significativement plus faibles : elles représentent 75% des valeurs obtenues avec saponification.

La précision du dosage est moins bonne lorsque l'échantillon n'a pas été saponifié.

Nous n'avons pas observé de modification significative de la gamme - étalon de vitamine A provoquée par la saponification. En effet, sur 20 gammes dosées avec ou sans saponification, le taux moyen de vitamine A retrouvée après saponification est de 98 %

γ) Dosages avec ou sans chromatographie et essais par fluorimétrie

Comme les caroténoïdes réagissent aussi avec le réactif au TFA, la valeur obtenue pour la vitamine A peut être faussée lorsque leur teneur est élevée. C'est pourquoi AWDEH recommande d'effectuer une séparation chromatographique du carotène avant de doser la vitamine A.

Nous avons dosé un échantillon de sérum humain riche en carotène ($336 \pm 9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) à la fois avec et sans chromatographie selon la technique d'AWDEH (18 dosages pour chaque méthode).

Tableau IV - Résultats moyens des dosages avec ou sans saponification

moyenne \pm écart-type (C.V. %)

Sérum n°	Espèce	Nombre de dosages	Caroténoïdes		Vitamine A	
			avec saponification	ug/100 ml sans	avec saponification	ug/100 ml sans
4	Homme	4	192 \pm 5 (2.6)	155 \pm 26 (16.8)	29.1 \pm 3.3 (11.3)	23.6 \pm 2.5 (10.6)
5	"	4	262 \pm 3 (1.1)	210 \pm 9 (4.3)	39.0 \pm 2.9 (7.4)	30.6 \pm 3.2 (10.5)
8	Boeuf	30	585 \pm 26 (4.4)	438 \pm 46 (10.5)	11.3 \pm 1.8 (15.9)	7.4 \pm 2.6 (35.1)

Les teneurs moyennes en vitamine A de l'échantillon dosé avec chromatographie ($35.9 \pm 3.0 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) et sans chromatographie ($36.1 \pm 4.1 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$) ne diffèrent pas significativement.

50 échantillons différents de sérum ont été dosés par la méthode colorimétrique et la méthode fluorimétrique : en moyenne les résultats ne sont pas différents 33.4 ± 10.5 et $33.7 \pm 13.7 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$, respectivement. La corrélation entre les 2 méthodes est assez élevée : $r = 0.87$ ($P < 0.001$).

8) Conservation des échantillons de sérum

Deux échantillons de sérum ont été analysés dans plusieurs conditions :

- immédiatement après la séparation du sérum
- après être resté 4 h à la température ambiante en lumière naturelle atténuée
- après stockage de 48 h à $+4^\circ \text{C}$ à l'abri de la lumière
- après conservation d'1 mois à -15°C

Nous avons reporté les résultats moyens des teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques sur le tableau V. Les teneurs moyennes en caroténoïdes et en vitamine A sériques ne diffèrent pas significativement suivant le mode de conservation choisi.

b) Résultats moyens

Nous avons représenté sur les figures 3 et 4 les histogrammes de distribution des teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques on remarque que les distributions sont déportées vers la droite ; on a montré par le calcul qu'elles sont distribuées log - normalement.

L'examen des tableaux VI à IX de répartition des enfants et adultes en fonction de la norme de l'ICNND (1963) pour les teneurs en vitamine A et en carotène sériques montre les phénomènes suivants. Parmi les 257 enfants examinés du Sud Cameroun 1.6 % présentent un taux de vitamine A insuffisant, inférieur à $10 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$; du tableau VII il ressort que tous les enfants ont une caroténoïdémie normale ou supérieure à la normale. Dans la région considérée du Nord Cameroun la vitaminémie A est normale chez 95 % des enfants et 90 % des adultes (tableau VIII) ; par contre les caroténoïdémies sont normales chez seulement 38 % des enfants et 60 % des adultes.

Tableau V - Teneurs moyennes en caroténoïdes et en vitamine A sériques suivant le mode de conservation des sérums

Modalité de conservation							
Sérum n°	Espèce	Nombre de dosages par modalité	Temps 0	+ 4 h à température ambiante en lumière naturelle atténuée	+ 48 h à 4° C à l'abri de la lumière	+ 1 mois à -15° C à l'abri de la lumière	
1	Boeuf	10	628 ± 15 (1)	632 ± 12	620 ± 6	622 ± 8	
			12.9 ± 1.0 (2)	12.9 ± 2.3	12.6 ± 0.7	13.4 ± 1.3	
7	Homme	5	158 ± 4 (1)	158 ± 3	158 ± 2	159 ± 1	
			37.9 ± 3.4 (2)	41.6 ± 2.8	42.8 ± 3.4	40.3 ± 1.1	

(1) Caroténoïdes $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ moyenne \pm écart-type

(2) Vitamine A $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$ "

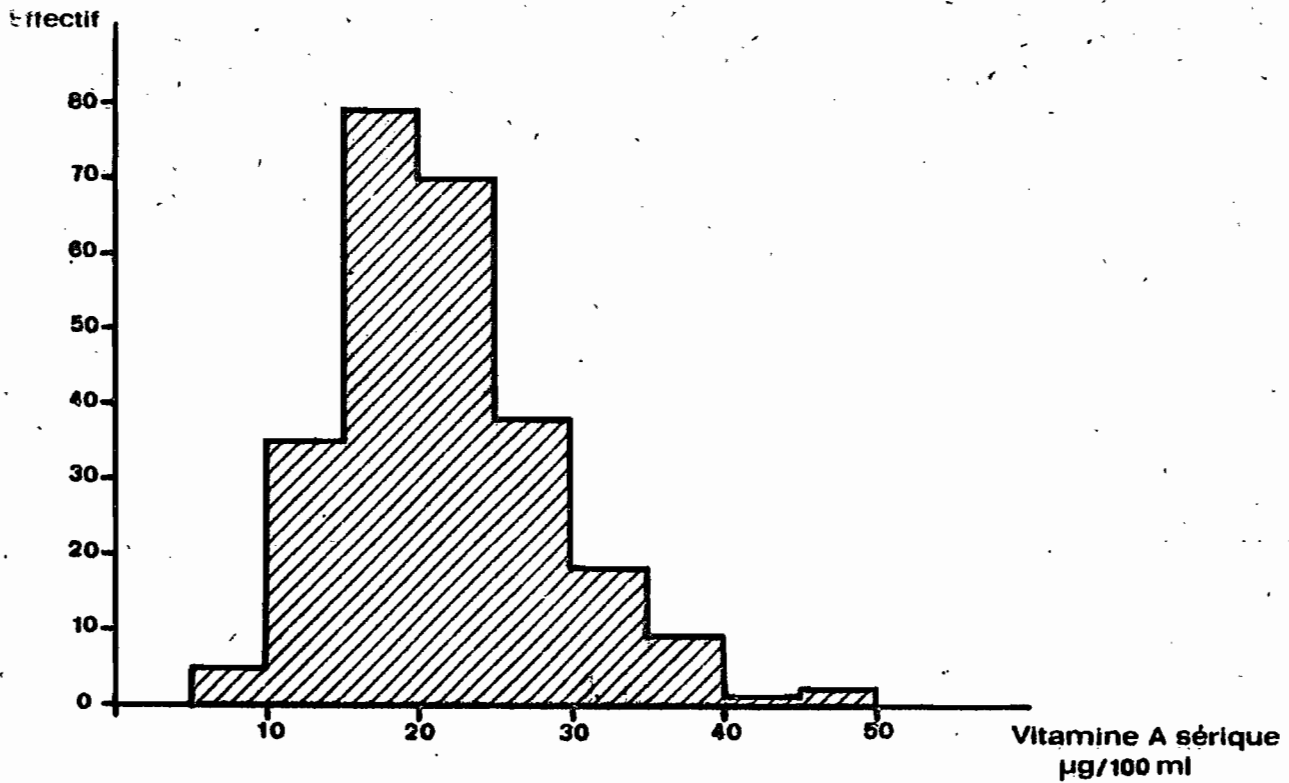


Fig. 3 Histogramme de distribution des teneurs en vitamine A sérique des 257 enfants de 8 à 20 mois

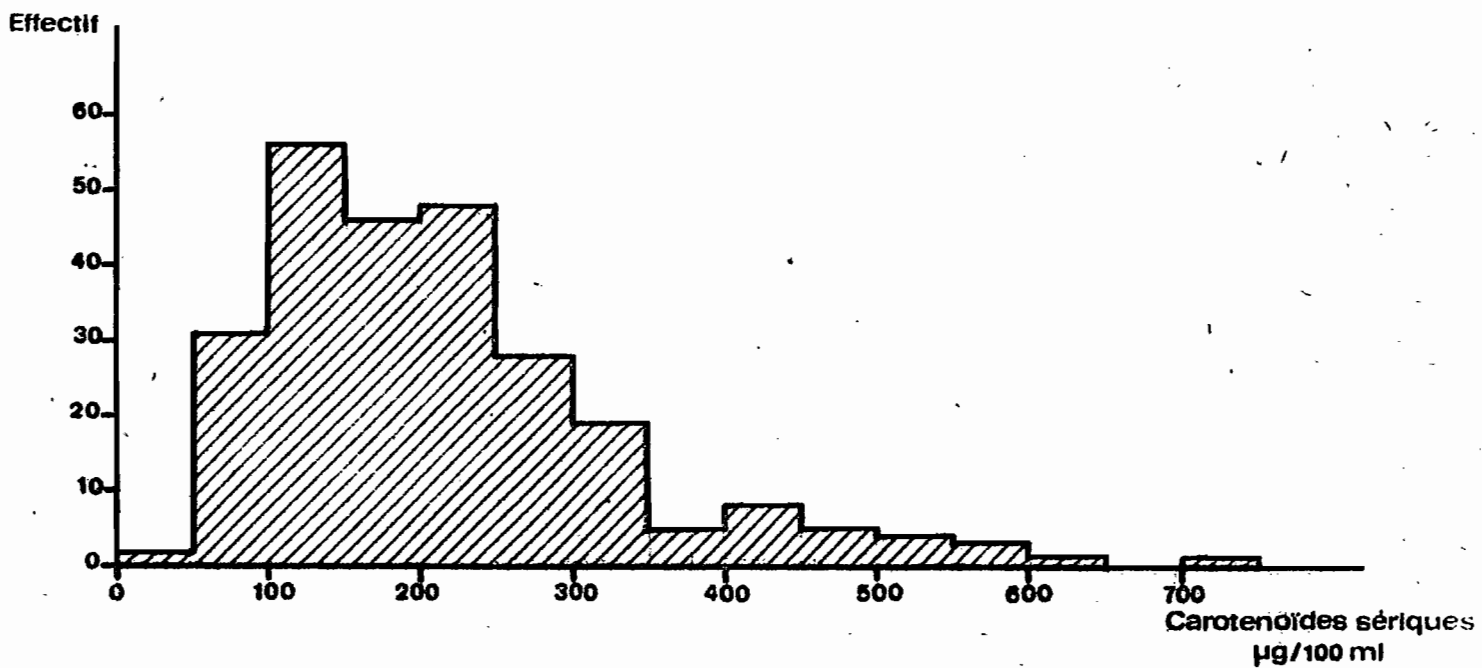


Fig. 4 -Histogramme de distribution des teneurs en caroténoïdes sériques des 257 enfants de 8 à 20 mois

Tableau VI - Répartition des 257 enfants du Sud-Cameroun en fonction de leur teneur en vitamine A sérique.

Teneur en vitamine A µg/100 nl	0 - 9	10 - 19	20 - 49	50 et plus
Interprétation	Insuffisant	Faible	Normal	Elevé
Effectif	4	109	144	0
%	1.6	42.4	56.0	0

Tableau VII - Répartition des 257 enfants du Sud-Cameroun en fonction de leur teneur en caroténoïdes sériques

Teneur en caroténoïdes µg/100 nl	0 - 19	20 - 39	40 - 99	100 et plus
Interprétation	Insuffisant	Faible	Normal	Elevé
Effectif	0	0	33	224
%	0	0	12.8	87.2

Tableau VIII - Répartition des 178 sujets étudiés dans le Nord-Cameroun
en fonction de leur teneur en vitamine A sérique

Teneur en vitamine A µg/100 ml	0 - 9	10 - 19	20 - 49	50 et plus
Interprétation	Insuffisant	Faible	Normal	Elevé
98 enfants	0	5 (5%)	45 (46%)	48 (49%)
Effectif (%)				
80 adultes	0	1 (1%)	26 (33%)	53 (66%)

Tableau IX - Répartition des 178 sujets étudiés dans le Nord-Cameroun
en fonction de leur teneur en caroténoïdes sériques

Teneur en caroténoïdes µg/100 ml	0 - 19	20 - 39	40 - 99	100 et plus
Interprétation	Insuffisant	Faible	Normal	Elevé
98 enfants	12 (12%)	49 (50%)	35 (36%)	2 (2%)
Effectif (%)				
80 adultes	7 (9%)	25 (31%)	44 (55%)	4 (5%)

L'étude de la distribution des teneurs en vitamine A sérique a été reportée sur le tableau X. Les fréquences cumulées observées N_i exprimées en % permettent de déterminer la variable réduite z , d'après une table de la loi normale réduite. Ensuite on trace la droite de HENRY $z = a + b \ln x$ en ne prenant pas en considération les points dont l'effectif est inférieur à 5 et on détermine son équation soit graphiquement, soit par un calcul de la droite des moindres carrés qui passe par les points dont on connaît l'abscisse $\ln x$ l'ordonnée z_i et la fréquence n_i (fig. 5).

Connaissant l'équation de la droite de régression de la vitamine A pour cette distribution : $z = - 9.553 + 3.162 \ln x$, on calcule les valeurs théoriques de la variable réduite Z_i pour chaque x_i . On en déduit d'après une autre table de la loi normale l'effectif cumulé théorique en pourcentage, puis l'effectif théorique. On regroupe les classes dont l'effectif est inférieur à 5.

Ensuite un calcul du Chi 2 permet de vérifier que la distribution observée de la vitamine A n'est pas différente de la distribution log - normale théorique. Dans le cas présent le Chi 2 observé = 0.16 est inférieur à la valeur du Chi 2 théorique au seuil 5 % pour 3 degrés de liberté = 7.81, donc l'hypothèse nulle que les 2 distributions sont les mêmes est vérifiée, autrement dit la distribution de la vitaminémie A des enfants de 8 à 20 mois est log-normale.

De la même manière on montre que la distribution des teneurs en caroténoïdes sériques chez les enfants de 8 à 20 mois est log-normale :

Nous avons reporté sur le tableau XI les principaux paramètres qui caractérisent les distributions des caroténoïdes et de la vitamine A sériques chez les 257 enfants de 8 à 20 mois.

Tableau XI - Paramètres des distributions des caroténoïdes et de la vitamine A sériques chez les 257 enfants de 8 à 20 mois.

Paramètres	Moyenne (écart-type)	Médiane	Amplitude	intervalle de confiance de 95% des valeurs
Caroténoïdes µg/100 ml	212.0 (124.7)	182.7	45.0 - 724.2	62.8 - 531.7
Vitamine A µg/100 ml	22.2 (7.3)	21.1	7.5 - 47.9	11.3 - 39.4

Tableau X - Etude de la distribution des teneurs en vitamine A sérique chez les enfants de 8 à 20 mois

Changement de variable : $z_i = -9.553 + 3.162 \ln x_i$

x_i	n_i	N_i	$N_i \%$	z_i	$\ln x_i$	$a + b \ln x_i$	$N_i t \%$	$N_i t$	$n_i t$	$\frac{(n_i - n_i t)^2}{n_i t}$
5	5								3.0) 0.05
10	35	5	0.0195	- 2.0537	2.30259	- 2.272	0.01160	3.0	38.4	
15	79	40	0.1556	- 1.0110	2.70805	- 0.990	0.16109	41.4	78.9	0.00
20	70	119	0.4630	- 0.0929	2.99573	- 0.080	0.46812	120.3	67.9	0.06
25	38	189	0.7354	0.6280	3.21888	0.625	0.73237	188.2	39.2	0.04
30	18	227	0.8833	1.1901	3.40120	1.202	0.88493	227.4	17.9	0.00
35	9	245	0.9533	1.6747	3.55535	1.689	0.95449	245.3	7.2) 0.01
40	1	254	0.9883	2.2571	3.68888	2.111	0.98257	252.5	2.8	
45	2	255	0.9922	2.4089	3.80666	2.484	0.99343	255.3	1.7)
50		257	1.0000	+ ∞	3.91202		1.00000	257		
Total	257									Chi 2 = 0.16

Chi 2 (5 % , 3 degrés de liberté) = 7.81

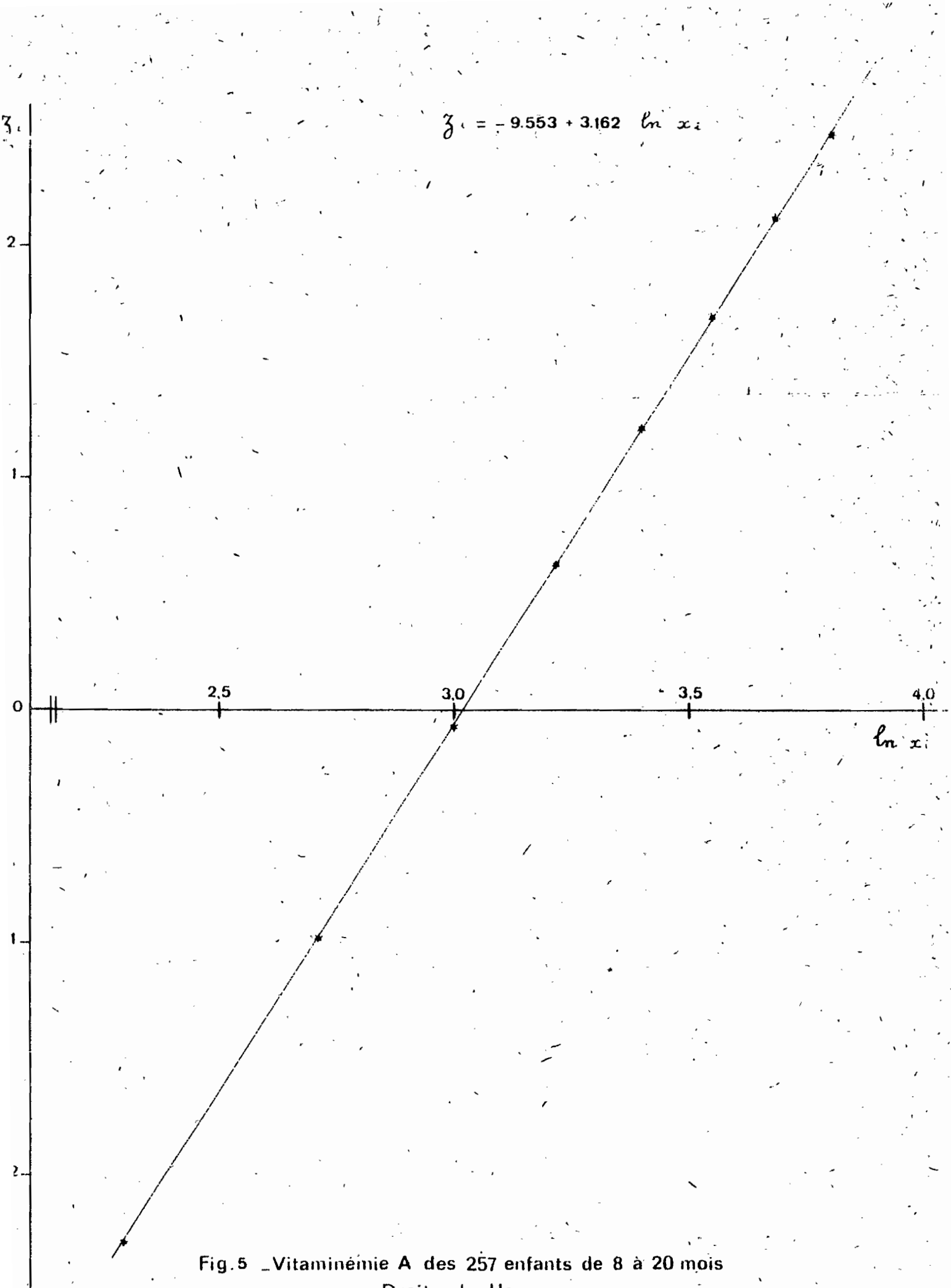


Fig.5 _Vitaminémie A des 257 enfants de 8 à 20 mois
Droite de Henry

Chez les sujets de la région de Touboro, la distribution des caroténoïdes est log-normale et celle de la vitamine A est normale.

La normalisation des données d'une distribution permet de réduire la variance du paramètre étudié donc d'accroître la puissance des tests statistiques utilisés ultérieurement avec les données transformées.

Nous avons représenté sur le tableau XII les résultats moyens des dosages des caroténoïdes et de la vitamine A sériques effectués au Cameroun. La date des prélèvements a été mentionnée afin de pouvoir estimer les apports en caroténoïdes en fonction des aliments disponibles suivant les saisons.

En comparant les valeurs moyennes obtenues avec la table de l'ICNND (1963), on remarque que mis à part les nouveaux nés, les teneurs moyennes en vitamine A sont acceptables ou élevées. Les teneurs moyennes en caroténoïdes des habitants du Centre Sud, du Littoral et de l'Est sont élevées ; la caroténoïdémie est faible chez les enfants et acceptable chez les adultes du Nord. La concentration en caroténoïdes dans le sérum des adultes diminue lorsque l'on passe de la zone forestière (Centre-Sud), à la zone de savane arborée (Est) et à la savane du Nord. La caroténoïdémie moyenne de 10 adultes expatriés $207 \pm 73 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ est deux fois plus faible que celle des 57 adultes camerounais $408 \pm 201 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$; notons que l'amplitude de la variation de la teneur en caroténoïdes sériques est plus grande chez les adultes camerounais.

Un garçon du Nord âgé de 2 ans et affecté de prékwashiorkor montrait de faibles teneurs en préalbumine $8.0 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ et en vitamine A $11.8 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$

c) Effet de l'âge

Dans le Centre Sud, on note une augmentation des taux de caroténoïdes et de vitamine A avec l'âge. Le taux moyen de caroténoïdes passe de $43 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ de sérum chez les nouveaux-nés à $201 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez les enfants de 8 à 20 mois pour atteindre $408 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez les adultes (tableau XII). La teneur en vitamine A suit la même progression et passe successivement de $12 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez les nouveaux-nés à $21 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez les enfants de 8 à 20 mois pour atteindre $40 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ chez les adultes.

Tableau XII - Teneurs moyennes en caroténoïdes et en vitamine A sériques
moyenne \pm écart-type (amplitude)

Situation géographique	Date des Prélèvements	Répartition suivant l'âge	Nombre de sujets	Caroténoïdes $\mu\text{g} / 100 \text{ nl}$	Vitamine A
<u>CENTRE - SUD</u> Yaoundé et environs	Février 1975	nouveaux-nés (sang du cordon)	13	43 \pm 12 (27 - 64)	12 \pm 4 (6 - 23)
	Octobre 1974	enfants de 8 à 20 mois	168	\approx 201 116 (45 - 550)	\approx 21 7 (7 - 40)
	Novembre 1974	adultes	57	408 \pm 201 (109 - 1110)	40 \pm 19 (12 - 121)
	Novembre 1974	adultes expatriés	10	207 \pm 73 (121 - 367)	40 \pm 8 (24 - 52)
<u>LITTORAL</u> Song-Bog et environs	Décembre 1974	enfants de 8 à 20 mois	89	\approx 233 140 (58 - 724)	\approx 23 8 (9 - 48)
<u>EST</u> Batouri et environs	Mai 1976	adultes	51	212 \pm 112 (78 - 633)	47 \pm 11 (27 - 74)
<u>NORD</u> Environs de Touboro	Février 1976	enfants de 2 à 14 ans	98	\approx 39 21 (9 - 101)	49 \pm 17 (12 - 85)
		adultes	80	\approx 49 29 (12 - 95)	62 \pm 20 (19 - 100)

\approx Distribution log-normale

Des variations analogues des taux de caroténoïdes et de vitamine A sériques ont été observées dans le Nord. La caroténoïdémie moyenne des adultes 49 µg/100 ml est significativement plus forte que celle des enfants de 2 à 14 ans, 39 µg/100 ml (P < 0.01). La vitaminémie A des adultes du Nord 62 µg/100 ml est significativement plus haute que celle des enfants 49 µg/100 ml (P < 0.001) (tableau XII).

Une étude plus fine des variations de la caroténoïdémie chez les enfants de 8 à 20 mois du Centre Sud et du Littoral a permis de mettre en évidence une différence hautement significative entre la teneur moyenne en caroténoïdes des 145 enfants de 8 à 14 mois 187 µg/100 ml et celle des 112 enfants de 14 à 20 mois 246 µg/100 ml (P < 0.001).

d) Effet du sexe

La caroténoïdémie moyenne est plus élevée chez les femmes que chez les hommes (tableau XIII). La teneur moyenne en vitamine A sérique des filles de 8 à 20 mois est plus forte que celle des garçons de même âge 23.8 et 20.8 µg/100 ml respectivement.

Tableau XIII - Caroténoïdémie et vitaminémie A en fonction du sexe

Sexe	Hommes	Femmes	Signification statistique
Enfants de 8 à 20 mois Sud Cameroun	Carotène * 196 122 (140)	230 120 (117)	P < 0.01
	Vitamine A * 20.8 6.9	23.8 7.3	P < 0.001
Sujets du Nord	Carotène * 38 21 (80)	49 26 (98)	P < 0.001
	Vitamine A 54 ± 19	55 ± 19	NS

* Distribution log-normale : moyenne, écart-type (effectif).

Pour les sujets du Nord-Cameroun on a rassemblé les enfants et les adultes parce que la séparation en 2 classes n'apportait pas de gain de signification.

e) Variation saisonnière

Nous avons reporté sur le tableau XIV les caroténoïdémies moyennes des enfants de 8 à 20 mois en fonction du département, pour la 1ère prise de sang et pour la seconde chez les mêmes enfants qui sont revenus 5 mois plus tard.

Tableau XIV - Caroténoïdémie chez les enfants de 8 à 20 mois en fonction du département et de la saison
moyenne, écart-type (effectif)

Département	Date des prélèvements de sang	1ère prise de sang saison sèche	2ème prise de sang saison des pluies	signification statistique *
Méfou	1er Oct. 1974 2ème Mars 1975	201 115 (111)	248 139 (34)	NS
Lékié	1er Nov. 1974 2ème Avr. 1975	204 119 (57)	326 143 (27)	P < 0.05
Sanaga	1er Déc. 1974 2ème Mai 1975	233 140 (89)	334 159 (71)	P < 0.05

* Test du t sur les séries appariées avec correction de l'effet de l'âge.

On remarque que les caroténoïdémies sont plus basses en saison sèche qu'en saison des pluies et que les teneurs moyennes en caroténoïdes des échantillons de sang prélevés en saison des pluies en Avril et Mai dans les départements de la Lékié et de la Sanaga sont plus fortes que celle des échantillons prélevés en Mars dans le département de la Méfou (fig. 2). Cette différence viendrait de la consommation de mangues qui parviennent à maturité à partir du mois d'Avril. Les mangues mûres contiennent de l'ordre de 3 mg de β carotène /100 g (cf. annexe).

f) Caroténoïdémie et carotinodermie palmaire

Le tableau XV rend compte des résultats des dosages de caroténoïdes et de vitamine A sériques chez des sujets mélanodermes et des sujets albinos en fonction de la coloration de la paume de la main.

Tableau XV - Caroténoïdes et vitamine A sériques des sujets mélanodermes et albinos en fonction de la coloration de la face palmaire de la main.

Coloration de la face palmaire de la main	Mélanodermes (Centre-Sud)		Albinos (Centre-Sud et Ouest)	
	Blanche	Jaune-orangée	Blanche	Jaune
Nombre de sujets	33	36	23	20
Caroténoïdes µg/100 ml	411 ± 161	675 ± 236	324 ± 108	467 ± 192
Vitamine A µg/100 ml	55 ± 18	46 ± 12	31 ± 11	34 ± 12

Signification statistique : NS non significatif, * P < 0.05, *** P < 0.001

Chez les sujets mélanodermes, il existe une différence hautement significative entre la caroténoïdémie des sujets présentant une face palmaire de la main jaune-orangée 675 µg/100 ml et ceux ayant une face palmaire blanche 411 µg/100 ml. Les vitaminémies A diffèrent significativement entre ces 2-groupes. Chez les sujets albinos on observe également une différence significative au niveau des teneurs moyennes en caroténoïdes entre les deux groupes alors que les teneurs en vitamine A sont analogues.

Sur le tableau XVI nous avons représenté la répartition des sujets étudiés en fonction de leur caroténoïdémie par rapport à la valeur de 400 µg/100 ml.

On note sur ce tableau que la majorité des sujets affectés de caroténoïdémie palmaire ont un taux de caroténoïdes sériques dépassant 400 µg/100 ml. Par contre chez les sujets ayant la paume de la main normalement colorée, il est plus difficile de préciser le taux de caroténoïdes sériques : une fois sur deux il sera inférieur à 400 µg/100 ml chez les mélanodermes du Sud Cameroun, 3 fois sur quatre chez les sujets albinos.

Tableau XVI - Répartition des sujets examinés pour caroténoïdémie palmaire et des témoins en fonction de leur taux de caroténoïdes sériques

Sujets examinés	Coloration de la paume de la main	Teneur en caroténoïdes ug/100 ml	
		inférieure à 400	400 et plus
Mélanodermes	blanche (33 cas)	16	17
	jaune (36 cas)	3	33
Albinos	blanche (23 cas)	18	5
	jaune (20 cas)	8	12

g) Etude des corrélations

La matrice des coefficients de corrélation entre 9 variables étudiées chez 257 enfants de 8 à 20 mois a été reportée sur le tableau XVII. La signification statistique des coefficients de corrélation a été mentionnée. On remarque que la vitamine A est corrélée négativement avec les gammaglobulines et positivement avec les caroténoïdes et l'hémoglobine. De même il existe une liaison positive entre les caroténoïdes et l'hémoglobine ou l'âge, négative entre les caroténoïdes et les gammaglobulines.

α) Analyse factorielle

L'objectif de l'analyse factorielle est de condenser l'essentiel des informations apportées par un certain nombre de variables observées interdépendantes en un nombre plus restreint de variables fondamentales, le plus souvent indépendantes (DAGHELLE 1975). Un autre but de cette analyse est d'interpréter plus facilement les interrelations entre les variables.

L'essentiel de l'information contenue dans les 9 variables étudiées a été condensé dans 5 facteurs. L'importance relative de chacun des facteurs est indiquée par les facteurs de contribution qui permettent de calculer le pourcentage de la variation totale expliquée par chacun des facteurs (tableau XIX). Les communautés représentent les variances communes

Tableau XVII - Matrice des coefficients de corrélation entre 9 variables étudiées chez 257 enfants de 8 à 20 mois

Variables	Albumine	Gamma globulines	Vitamine A	Caroténoïdes	Age	Hémoglobine	Poids/Taille %	Fer	Protéines totales
Albumine (1)	1								
Gamma globulines (1)	- 0.296 ***	1							
Vitamine A (1)	0.026	- 0.197 **	1						
Caroténoïdes (1)	- 0.076	- 0.148 *	0.526 ***	1					
Age	- 0.165 **	0.222 ***	0.112	0.184 **	1				
Hémoglobine	0.041	- 0.067	0.240 **	0.228 ***	0.303 ***	1			
Poids/Taille %	- 0.049	0.019	0.100	0.112	-0.047	0.033	1		
Fer (1)	0.017	0.009	0.037	-0.048	0.014	- 0.090	- 0.015	1	
Protéines totales(1)	0.556 ***	0.474 ***	-0.106	-0.101	0.038	- 0.043	- 0.021	0.020	1

Signification des coefficients de corrélation : * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

(1) Variables normalisées après transformation logarithmique.

Tableau XVIII - Analyse factorielle : Matrice des coefficients de corrélation entre les variables et les facteurs

Variables	Facteurs	1	2	3	4	5
Albumine		- 0.25	0.90	- 0.07	- 0.03	0.02
Gammaglobulines		0.93	- 0.08	- 0.11	0.08	- 0.01
Vitamine A		- 0.16	0.04	0.71	0.20	0.11
Caroténoïdes		- 0.09	- 0.03	0.66	0.24	- 0.03
Age		0.16	- 0.12	0.01	0.72	0.07
Hémoglobine		- 0.09	0.06	0.19	0.46	- 0.16
Poids/Taille %		0.03	- 0.04	0.18	- 0.06	- 0.05
Fer		0.00	0.01	- 0.02	- 0.03	0.45
Protéines totales		0.57	0.77	- 0.03	- 0.06	0.02

Tableau XIX - Analyse factorielle : Matrice des coefficients de détermination entre les variables et les facteurs
Communautés et facteurs de contribution

Variables	Facteurs	1	2	3	4	5	Communauté
Albumine		0.06	0.80	0.01	0.00	0.00	0.87
Gammaglobulines		0.87	0.01	0.01	0.01	0.00	0.90
Vitamine A		0.03	0.00	0.50	0.04	0.01	0.58
Caroténoïdes		0.01	0.00	0.44	0.06	0.00	0.51
Age		0.03	0.01	0.00	0.52	0.01	0.57
Hémoglobine		0.01	0.00	0.04	0.21	0.02	0.28
Poids/Taille %		0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.04
Fer		0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.20
Protéines totales		0.33	0.60	0.00	0.00	0.00	0.93
Facteurs de contribution		1.33	1.43	1.03	0.85	0.25	4.88
% de la variation totale expliquée par le facteur		27	29	21	17	5	

aux facteurs, par exemple, pour la vitamine A, la communauté 0.58 indique que 58 % de la variation totale de la vitamine A est prise en compte par les 5 facteurs. Le tableau XVIII a permis d'effectuer les représentations graphiques de l'analyse factorielle (fig. 6 et 7).

La première figure de l'analyse factorielle représentant les axes 1 et 2 expliquant les plus forts pourcentages de la variation totale n'a pas été représentée, parce qu'elle n'apporte pas d'information sur la vitamine A.

L'interprétation de la figure 6 fait apparaître les phénomènes suivants. Le facteur 2 qui prend en compte 29 % de la variation totale est fortement corrélé aux teneurs en albumine et en protéines totales (tableau XVIII) : il représente un axe "protéique" ; les protéines totales et l'albumine sont bien corrélées entre elles alors que l'albumine et les gammaglobulines sont corrélées négativement.

Le facteur 3 est lié aux teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques (tableau XVIII) ; la proximité entre ^{ces} deux points-variables confirme la forte corrélation entre les teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques. Les teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques sont indépendantes des paramètres protéiques étudiés ici (protéines totales, albumine) puisqu'elles sont situées sur deux axes perpendiculaires.

Les 5 points-variables situés près de l'origine (gammaglobulines, fer, hémoglobine, poids/taille en % de la norme et âge) sont faiblement liés aux facteurs étudiés. Néanmoins quelques tendances peuvent être mentionnées : les points-variables hémoglobine et poids/taille sont légèrement déplacés vers la droite de l'axe "vitamine A", autrement dit il existe une légère corrélation positive entre ces variables et la vitamine A. par contre le point gammaglobulines est placé du côté négatif de cet axe, ce qui met en évidence une faible corrélation négative entre la vitaminémie A et la gammaglobulinémie.

La figure 7 apporte une autre information : le facteur 4 pouvant être assimilé à l'âge, on voit que la teneur en hémoglobine est liée à l'âge et que les teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques ont tendance à augmenter avec l'âge.

Nous allons maintenant examiner avec plus d'attention les corrélation entre la vitaminémie A et la caroténoïdémie, la gammaglobulinémie, le rapport poids/taille exprimé en % de la norme et la teneur en hémoglobine.

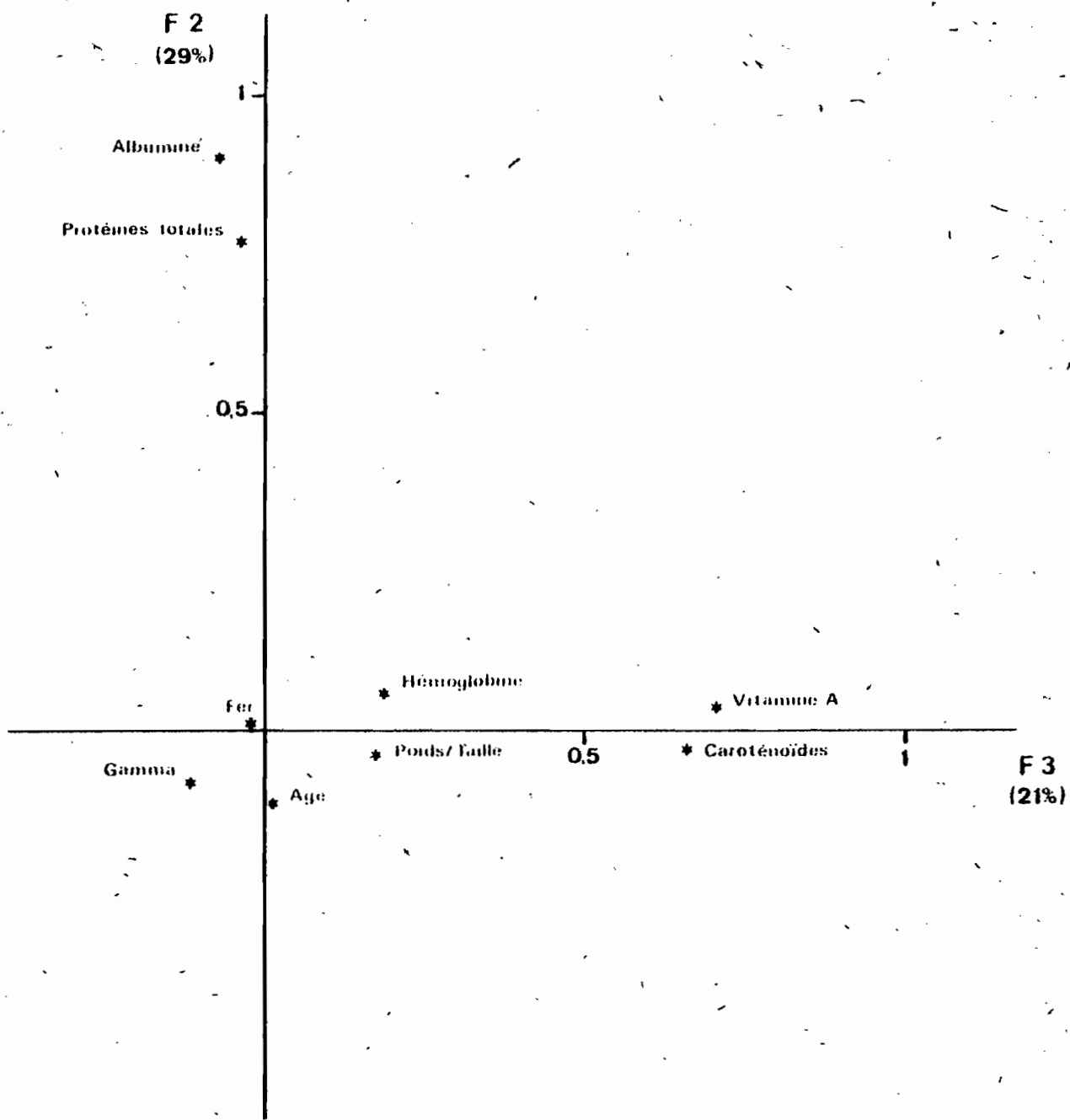


Fig.6 ANALYSE FACTORIELLE (257 enfants de 8 à 20 mois)

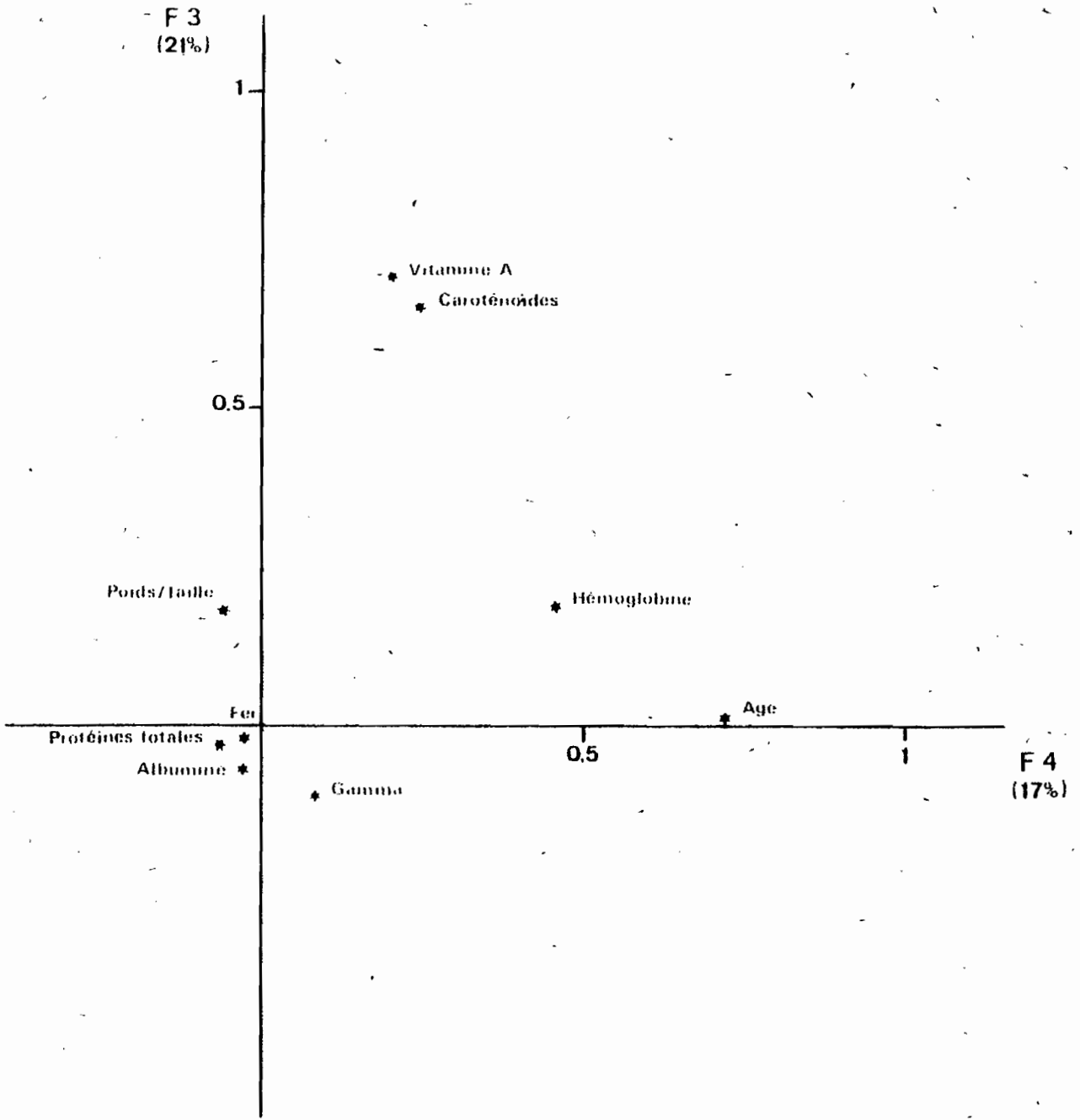


Fig. 7 - ANALYSE FACTORIELLE (257 enfants de 8 à 20 mois)

3) Corrélation entre la caroténoïdémie et la vitaminémie A

Nous avons mis en évidence une corrélation hautement significative entre les teneurs en vitamine A et en caroténoïdes sériques, en maintenant l'âge constant : $r = 0.517$ ($P < 0.001$).

4) Liaison entre la vitaminémie A et la gammaglobulinémie

Une liaison significative a été mise en évidence entre la gammaglobulinémie et la vitaminémie A chez les 257 enfants âgés de 8 à 20 mois. Lorsque la gammaglobulinémie s'accroît, la vitaminémie A tend à diminuer ($r = - 0.197$).

Comme la vitaminémie A est elle-même liée à l'âge, nous avons déterminé la corrélation entre les teneurs en gammaglobulines et en vitamine A en maintenant l'âge constant, par l'utilisation des corrélations partielles : cette corrélation est un peu plus forte chez les 89 enfants du département de la Sanaga maritime ($r = - 0.360$, $P < 0.001$) que pour l'ensemble des 257 enfants examinés ($r = - 0.229$, $P < 0.001$).

Toutefois cette corrélation négative entre la gammaglobulinémie et la vitaminémie A n'est-elle pas un artéfact dû à une corrélation plus complexe ? En effet, on sait que la vitamine A est transportée dans le sérum sur une protéine du groupe des albumines et que les teneurs en albumine et en gammaglobulines sont en corrélation inverse dans le sérum ($r = - 0.296$).

Nous avons calculé le coefficient de corrélation vitamine A gammaglobulines en maintenant constante la teneur en albumine : les coefficients de corrélation sont respectivement de $- 0.299$ et $- 0.198$ pour les 89 enfants du département de la Sanaga et l'ensemble des enfants. Pour l'ensemble des enfants, la liaison entre les teneurs en gammaglobulines et en vitamine A sériques est significative au seuil de probabilité 1 %.

5) Liaison entre la croissance et la vitaminémie A

Chez les enfants de 8 à 20 mois nous avons étudié la liaison entre un paramètre anthropométrique indépendant de l'âge : le poids par rapport à la taille exprimé en pourcentage de la norme de Harvard (JELLIFFE 1969) et la teneur en vitamine A du sérum. Les résultats moyens de la vitaminémie

A en fonction de ce paramètre ont été reportés sur le tableau XX.

Tableau XX - Liaison entre le poids par rapport à la taille et la
vitaminémie A

Poids/taille en % de la norme de Harvard	100 et plus	99 - 90	89 et moins
Effectif	96	111	49
Vitaminémie A $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (1)	22.9 (7.5)	21.9 (6.9)	21.3 (7.8)

(1) Distribution log-normale : moyenné (écart-type)

Une légère diminution de la vitaminémie A a été observée lorsque la déficience de poids par rapport à la taille exprimée en % de la norme s'accroît : $r = 0.100$, NS. Par contre la liaison entre le rapport poids/taille et la vitaminémie A est plus élevée : $r = 0.167$ ($P < 0.01$).

Chez 65 enfants du département du Centre-Sud qui ont été suivis pendant 5 mois, on a mis en évidence une corrélation significative entre la variation du poids par rapport à la taille et la variation de la vitaminémie A : $r = 0.346$. Cependant la variation de la vitaminémie A est elle-même liée à celle de la caroténoïdémie : $r = 0.433$, c'est à dire que si la caroténoïdémie augmente au 5ème mois, la vitaminémie A, tendra à s'accroître également. Grâce aux corrélations partielles on a déterminé le coefficient de corrélation entre la variation du poids par rapport à la taille et la variation de la vitaminémie A, en maintenant la caroténoïdémie constante : $r = 0.274$ ($P < 0.05$). Autrement dit 7.5 % de la variation de la croissance après 5 mois est expliquée par la variation de la vitaminémie A.

ξ) Vitamine A et anémie

Nous avons observé une liaison hautement significative entre la vitaminémie A et la teneur en hémoglobine : $r = 0.240$ (tableau XVII).

On a représenté sur le tableau XXI la vitaminémie A des enfants de 8 à 20 mois suivant leur degré d'anémie d'après la classification de

SAUBERLICH et al. (1974).

Tableau XXI - Vitaminémie A des enfants de 8 à 20 mois en fonction de leur teneur en hémoglobine.

Teneur en hémoglobine g/100 ml	8.9 et moins	9.0 - 9.9	10.0 - 10.9	11 et plus
Interprétation.	déficient	faible	acceptable	acceptable
Effectif (%)	27 (11)	35 (14)	66 (27)	118 (48)
Vitaminémie A µg/100 ml (1)	17.6 (4.6) a	20.6 (5.4) b	21.2 (6.0) c	24.1 (8.6) d

(1) Distribution log-normale : moyenne (écart-type).

Signification statistique : bc, NS ; ab, bd, cd $P < 0.05$; ac $P < 0.01$
ad $P < 0.001$

On remarque que la vitaminémie A baisse de manière significative chez les enfants anémiés et d'autant plus que la teneur en hémoglobine diminue.

II) VITAMINEMIE A ET MALADIES PARASITAIRES

a) Parasitoses intestinales

La teneur moyenne en vitamine A des 32 enfants âgés de 8 à 20 mois ne présentant pas d'oeufs d'helminthes dans les selles 23.7 µg/100 ml est significativement plus forte que celle des 63 enfants affectés de trichocéphales 20.8 µg/100 ml ($P < 0.05$). La vitaminémie A n'est pas modifiée chez les enfants porteurs d'oeufs d'ascaris ou d'oxyures.

b) Onchocercose

Nous avons représenté sur le tableau XXII les variations de la vitaminémie A en fonction du nombre de microfilaries *Onchocerca volvulus*.

présentes dans le snip cutané, chez les enfants et chez les adultes.

Tableau XXII - Vitaminémie A moyenne des enfants et des adultes du Nord Cameroun en fonction de la densité de microfilaires *Onchocerca volvulus*

moyenne \pm écart-type (effectif)

Nombre de microfilaires	0	1 - 50	51 - 250	251 et plus
Enfants Vitaminémie A $\mu\text{g}/100\text{ ml}$	46 \pm 18 (49)	49 \pm 17 (28)	54 \pm 11 (19)	59 \pm 12 (3)
Adultes	48 \pm 28 (3)	55 \pm 19 (16)	64 \pm 22 (30)	65 \pm 16 (31)

On remarque que la vitaminémie A tend à augmenter avec la filarémie. Cependant cette tendance est faussée par le fait que la vitaminémie A augmente avec l'âge et que la densité microfilarienne elle-même est fortement liée à l'âge. L'étude des corrélations partielles chez les enfants filariens confirme ce fait : le coefficient de corrélation vitamine A - filarémie $r = 0.14$ et le même coefficient de corrélation lorsque l'âge est fixé devient $r = 0.06$ (tous deux ne sont pas significatifs).

La vitaminémie A moyenne des adultes porteurs de microfilaires de l'onchocercose est plus élevée chez les sujets présentant des signes cliniques oculaires de l'onchocercose que chez les sujets n'en présentant pas 71 et 60 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ respectivement ($P < 0.05$).

III) VITAMINEMIE A ET ROUGEOLE

Nous avons représenté sur le tableau XXIII les résultats moyens des dosages effectués chez les enfants rougeoleux en 1ère et 3ème semaine, les enfants atteints d'autres affections et les témoins sains.

Tableau XXIII - Teneurs moyennes en caroténoïdes et en vitamine A sériques des enfants hospitalisés pour la rougeole ou pour une autre affection et des enfants sains.

Enfants	Rougeoleux		Autres affections	Sains
	1ère semaine	3ème semaine		
Nombre de cas	30	10	9	6
Caroténoïdes µg/100 ml	100 ± 56 e	101 ± 73 e	103 ± 85 e	142 ± 72 e
Vitamine A µg/100 ml	12.1 ± 2.5 a	15.7 ± 4.5 b	16.7 ± 6.1 c	21.3 ± 4.6 d

Signification statistique : a-b, a-c, b-d : $P < 0.05$

a-d : $P < 0.01$

e-e : NS

Les teneurs en caroténoïdes sériques ne sont pas différentes entre les groupes considérés. La vitaminémie A moyenne des enfants rougeoleux 12.1 µg/100 ml est significativement plus basse que celle des enfants malades non rougeoleux 16.7 µg/100 ml et que celle des enfants sains 21.3 µg/100 ml. Chez les rougeoleux, les teneurs en vitamine A sérique ont augmenté significativement 2 semaines après le premier prélèvement, en moyenne de 12.1 à 15.7 µg/100 ml.

Le tableau XXIV rapporte la répartition des enfants hospitalisés en fonction de leur teneur en vitamine A sérique selon la classification de l'ICNND (1963). On remarquera que tous les enfants rougeoleux pendant le pic fébrile ont une vitaminémie A inférieure à la normale 20 µg/100 ml.

Tableau XXIV - Répartition des enfants hospitalisés en fonction de leur teneur en vitamine A sérique

Teneur en vitamine A µg / 100 ml	0 - 9	10 - 19	20 - 49	50 et plus
Interprétation	Insuffisant	Faible	Normal	Elevé
Rougeoleux 1ère sem.	5	25		
Rougeoleux 3ème sem.	2	7	1	
Autres maladies		8	1	
Sains		3	3	

Tableau XXV - Répartition des enfants hospitalisés en fonction de leur teneur en caroténoïdes sériques

Teneur en caroténoïdes µg / 100 ml	0 - 19	20 - 39	40 - 99	100 et plus
Interprétation	Insuffisant	Faible	Normal	Elevé
Rougeoleux 1ère sem.		3	15	12
Rougeoleux 3ème sem.		1	5	4
Autres maladies			6	3
Sains		1	1	4

DISCUSSION

L'enquête alimentaire par interrogatoire effectuée dans la plaine des Mbo (Ouest-Cameroun) a mis en évidence une consommation satisfaisante de vitamine A puisque l'apport en cette vitamine assuré par l'huile de palme seule couvrirait plus de 3 fois le besoin. Ce résultat confirme qu'au Sud-Cameroun, en zone de culture du palmier à huile, le besoin vitaminique A est couvert. En effet, dans une région comparable de ce pays MASSEYEFF et CAMBON (1955) ont montré par une enquête de consommation alimentaire que l'huile de palme assure plus de 80 % de l'apport vitaminique A et que le besoin est couvert 4 fois sur l'ensemble de l'année. De même, les enquêtes de consommation alimentaire effectuées en zone forestière dans d'autres pays d'Afrique noire ont montré que le besoin en vitamine A est couvert (10, 64, 83, 84).

L'enquête succincte que nous avons menée dans la région de Touboro (Nord-Cameroun) en fin de saison sèche n'a mis en évidence aucune consommation de fruits, de légumes verts ou de feuilles fraîches, donc un apport très faible de caroténoïdes ; l'apport de vitamine A par les aliments d'origine animale n'a pu être précisé.

Plusieurs enquêtes de consommation alimentaire par pesées ont été effectuées dans cette zone du Cameroun. D'après MASSEYEFF et al. (1968), le besoin vitaminique A est couvert à 44 % à Batouri. Selon WINTER (1964) la couverture du besoin des populations de l'Adamoua (Nord Cameroun) varie d'une ethnie à l'autre, elle est de 24 % chez les Baya, 76 % chez les Foulbé et 113 % chez les ethnies autochtones.

Par contre, CHEVASSUS-AGNES (1974) a trouvé que le besoin vitaminique A est couvert à 162 % chez les Baya et à 220 % chez les Foulbé. Comment expliquer cette différence entre ces auteurs ? Tout d'abord ils n'ont pas utilisé les mêmes normes de besoin vitaminique : WINTER (1964) a fixé le besoin vitaminique A d'un adulte à 1500 µg de rétinol/jour qui correspond à la norme du National Research Council, contrairement à CHEVASSUS-AGNES (1974) qui a pris le chiffre de 750 µg de rétinol/jour, correspondant à l'allocation recommandée par la F A O (1967). D'après CHEVASSUS-AGNES (15) l'apport vitaminique A estimé chez les Baya par WINTER a été sous-estimé : en effet, l'enquête par pesée ne concernait que les aliments consommés pendant les repas, elle a donc négligé la consommation de fruits riches en provitamines A mangés en dehors des repas.

En utilisant l'allocation recommandée par la FAO 750 µg de rétinol par homme adulte et par jour on s'aperçoit que le besoin en vitamine A des populations enquêtées par ces auteurs serait couvert sur l'ensemble de l'année, avec toutefois un déficit saisonnier en région de savane, en fin de saison sèche (janvier à mars).

Nous avons utilisé la méthode colorimétrique de dosage des caroténoïdes et de la vitamine A sériques de ROELS et al. (1967) avec des réactifs de qualité ordinaire comme NEELD et PEARSON (1963) le préconisent. Pour la formation du complexe coloré avec le réactif à l'acide trifluoroacétique (TFA) nous avons pris un mélange dans les proportions 1 : 5 (1 volume de TFA, 5 volumes de chloroforme) qui donne une couleur pratiquement aussi intense que le mélange 1 : 2 (73). Nos gammes étalons de vitamine A ont toujours subi les mêmes manipulations que les échantillons de sérum.

Nous avons préparé les solutions standard de vitamine A dans l'hexane. Les spectres d'absorption des gammes étalon de vitamine A dans l'hexane ou dans l'ether de pétrole sont identiques. Nous n'avons pas observé de modification du spectre d'absorption et de l'extinction maximale de la solution standard de vitamine A pendant sa conservation 1 mois à + 4°C, à l'abri de la lumière. De même les solutions étalon de vitamine A dans l'éthanol stockées à + 4°C sont stables pendant quelques mois (KAHAN 1973).

La technique de dosage de ROELS et al. (1967) présente les avantages suivants : s'applique aux petits échantillons de sérum (0.5 ml), méthode assez rapide (dans nos conditions 30 échantillons en double/jour), utilise un solvant peu volatil l'hexane (pE 69°) et non toxique. De plus le TFA employé comme " révélateur " de la vitamine A est moins sensible à l'humidité que la trichlorure d'antimoine (réactif de Carr-Price). Par contre cette méthode présente 2 inconvénients :

- 1) On effectue le dosage des caroténoïdes totaux sans distinction entre les xanthophylles, α et β carotène.
- 2) La vitamine A est déterminée après une correction due à l'absorption des caroténoïdes avec le réactif au TFA. Cette correction est effectuée en connaissant l'absorption d'une gamme étalon de β carotène avec le réactif au TFA. Ce calcul est basé sur le postulat suivant : tous les caroténoïdes du sérum sont sous forme de β carotène et absorbent de la même façon avec le TFA. ce qui n'est pas exact.

Nos essais de séparation chromatographique par adsorption avec 12 échantillons de sérum différents, selon la technique d'AWDEH (1965) nous ont permis de montrer que les caroténoïdes sériques migrent sur une large bande jaune, homogène (rf = 0.41). La vitamine A, révélée par sa fluorescence caractéristique en lumière U.V. demeure en bas de colonne (rf = 0.05). La fraction vitamine A est très légèrement colorée en jaune, d'après BOURGEOIS (1977) il s'agirait de traces de xanthophylles présentes dans le sérum et qui, avec ce type de chromatographie migrent au même niveau que la vitamine A.

La reproductibilité du dosage de la vitamine A sérique évaluée par son coefficient de variation, 10 % environ, est moins bonne que celle obtenue par d'autres auteurs avec des méthodes comparables : 4.6 % (NEELD et PEARSON 1963), 3.8 % (BRADLEY 1973).

Dans nos conditions de manipulation la saponification s'est traduite par une meilleure extraction du carotène et de la vitamine A. Le traitement des sérums à la potasse éthanolique donne une phase aqueuse homogène, contrairement aux échantillons non saponifiés, traités à l'alcool qui fait flocculer les protéines. Sachant que le rétinol est lié à une protéine sérique, on conçoit alors que la vitamine A puisse être plus difficilement extractible par l'hexane lorsqu'elle est retenue au sein de flocculats protéiques.

Nous n'avons pas observé de modification significative de la gamme étalon de vitamine A provoquée par la saponification. En effet sur 20 gammes dosées avec ou sans saponification, le taux moyen de vitamine A retrouvé après saponification est de 98 %. De même les gammes-étalon de vitamine A qui ont suivi les mêmes manipulations que les sérums n'ont pas subi de perte de vitamine A. Compte tenu du fait que l'on a récupéré 70 % de la vitamine A du sérum, le taux moyen de vitamine A retrouvée dans les gammes qui ont subi les mêmes manipulations que les sérums est de 102 % par rapport aux gammes-étalon préparées directement en solution chloroformique.

Les avis des auteurs sont partagés en ce qui concerne les effets de la saponification. Selon NEELD et PEARSON, la saponification produit une légère augmentation de la teneur en vitamine A dans quelques échantillons. Par contre KAHAN (1973) montre que le traitement des sérums à la potasse fait diminuer significativement les teneurs en vitamine A estimées soit

par absorption dans l'U.V. soit par réaction de Carr-Price mais il n'influence pas celles obtenues par fluorimétrie. Cependant on peut objecter à cet auteur d'avoir effectué ses essais sur des sérums fortement surchargés en vitamine A puisque chaque sujet avait reçu une dose de 350 000 UI de palmitate de rétinol de 4 à 6 h avant la prise de sang.

AWDEH montre qu'avec des teneurs élevées en carotène, la valeur obtenue pour la vitamine A est sous estimée par la méthode de NEELD et PEARSON.

D'après cet auteur, ceci justifie que l'on effectue une séparation chromatographique avant le dosage de la vitamine A.

Nous avons dosé un échantillon de sérum humain riche en caroténoïdes (plus de 300 µg/100 ml) par cette méthode avec ou sans séparation chromatographique selon la technique d'AWDEH. Les teneurs moyennes en vitamine A obtenues par ces 2 méthodes ne sont pas significativement différentes. Cela peut s'interpréter de la manière suivante : la majorité des caroténoïdes présents dans ce sérum étaient sous forme de β carotène. En pratique la séparation chromatographique du carotène avant le dosage de la vitamine A ne semblerait pas nécessaire pour les dosages de routine et cela simplifie d'autant la méthode.

Nous avons analysé 50 échantillons de sérum en double par la méthode colorimétrique de ROELS et al. (1967) et par la méthode fluorimétrique de SELVARAJ (1970). En moyenne, les résultats ne sont pas différents avec l'une ou l'autre méthode, la corrélation entre les deux techniques est satisfaisante $r = 0.87$ ($P < 0.001$). La méthode fluorimétrique n'a pas été retenue parce qu'elle n'apportait pas de gain de précision (coefficient de variation moyen 8%), ne permettait pas de doser les caroténoïdes, qu'elle utilisait un solvant toxique, le xylène et que la sensibilité du fluorimètre employé ne paraissait pas suffisante pour ce type de dosage.

L'essai de conservation des échantillons de sérum a permis de s'assurer qu'il n'y avait pas de détérioration de la vitamine A au cours des manipulations (pendant 4 h à température ambiante en lumière naturelle atténuée) ou du stockage (pendant 48 h à 4° C ou 1 mois à - 15° C). De son côté, KAHAN (1973) n'a pas mis en évidence de perte de vitamine A dans des échantillons conservés pendant plusieurs semaines à - 20° C à l'abri de la lumière. Pourtant nous avons observé avec les échantillons du Nord Cameroun conservés 3 mois à - 15° C, des modifications du contenu vitaminique A ; pour conserver des sérums plus d'un mois il est préférable de les stocker à - 70° C.

Nous avons montré que les caroténoïdémies sont distribuées log-normalement. GOUNELLE et al. (1944) ont présenté un histogramme des teneurs en carotène sérique de 232 sujets parisiens apparemment sains dont la distribution épouse celle d'une loi log-normale.

Les caroténoïdémies que nous avons observées au Cameroun sont plus fortes que celles rencontrées en zone tempérée où elles se situent généralement dans l'intervalle 24-216 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, autour d'une valeur moyenne de 120 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ (93).

En zone forestière (Centre-Sud, Littoral), les caroténoïdémies élevées observées témoignent d'un régime riche en caroténoïdes apportés sous forme végétale par les légumes (carottes, tomates, feuilles), les fruits (oranges, papayes, mangues, goyaves, avocats...) et l'huile de palme principalement. En effet, l'huile de palme contient de 37 à 129 mg de β carotène /100 g (FAQ 1970).

La caroténoïdémie moyenne de 13 nouveaux-nés 43 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ est analogue à celle observée au Ghana par DAGADU (1965) chez 139 nouveaux-nés 41 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. L'augmentation des teneurs en caroténoïdes avec l'âge (tableau XII) correspondrait à l'introduction de l'huile de palme dans l'alimentation. La caroténoïdémie moyenne que nous avons trouvée chez les adultes du Centre-Sud 408 $\mu\text{g}/100\text{-ml}$ est comparable à celles obtenues par d'autres auteurs dans des pays de la zone guinéenne où pousse le palmier à huile *Elaeis guineensis* : au Nigéria (12, 27), au Ghana (20) et en Côte d'Ivoire (17).

Chez 95 adultes EDOZIEN (1960) a observé des caroténoïdémies variant de 150 à 900 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, en moyenne 426 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. CARTER et COOK (1963) ont trouvé un taux moyen de caroténoïdes de 300 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ chez 20 soldats nigériens. Les teneurs moyennes en carotène sérique observées au Ghana par DAGADU et GILLMAN (1963) chez 67 femmes enceintes et chez 15 soldats étaient respectivement de 681 et 850 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. En Côte d'Ivoire, CLERC (1968) a mis en évidence des teneurs en caroténoïdes de 200 ^{à 300} $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ pouvant dépasser 1 mg et atteindre 4 à 6 mg/100 ml chez les gros consommateurs d'huile de palme. Les taux de caroténoïdes d'européens expatriés varient entre 100 et 150 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ et sont plus faibles que chez les Ivoiriens ; nos résultats vont dans le même sens : la caroténoïdémie

moyenne de 10 adultes expatriés est de 207 ± 73 $\mu\text{g}/100$ ml contre 408 ± 201 $\mu\text{g}/100$ ml chez 57 adultes Camerounais. Cette différence provient du fait que les expatriés ne consomment généralement pas d'huile de palme. L'un d'entre eux qui mangeait souvent un plat traditionnel camerounais composé de feuilles cuites dans l'huile de palme (appelé kpem en ewondo) présentait une caroténoïdémie élevée 367 $\mu\text{g}/100$ ml.

En zone de savane arborée (Est) la caroténoïdémie moyenne des adultes est plus faible que dans le Centre-Sud, ceci provient du changement de végétation et par conséquent de l'alimentation. On passe d'une végétation verdoyante en zone forestière (riche en palmiers à huile, légumes et arbres fruitiers) à une région de savane arborée où la végétation moins abondante ne trouve son plein épanouissement qu'en saison des pluies. Nos prélèvements ont été effectués en début de saison des pluies, à l'époque des mangues ; il semble probable qu'en saison sèche on observerait des caroténoïdémies plus faibles.

Dans le Nord, les prélèvements de sang ont été pratiqués en saison sèche, à une époque où l'alimentation n'apportait ni feuilles fraîches, ni fruits (le palmier à huile ne pousse pas dans cette région). Les caroténoïdémies moyennes constatées chez les enfants et les adultes, 39 et 49 $\mu\text{g}/100$ ml respectivement, sont plus basses ; elles reflètent la pauvreté du régime en provitamines A. La caroténoïdémie moyenne des adultes du Nord Cameroun 49 $\mu\text{g}/100$ ml est la même que celle observée par DAGADU (1963) au Ghana chez 28 hommes habitant le Nord du pays, dans une région où l'huile de palme et les aliments riches en carotène ne sont pas disponibles.

La vitaminémie A moyenne des 13 nouveaux-nés 12 ± 4 $\mu\text{g}/100$ ml est faible. Elle est plus basse que celle observée au Ghana par DAGADU (1965) chez 139 nouveaux-nés où elle varie de 20 à 77 $\mu\text{g}/100$ ml, autour d'une valeur médiane de 29 $\mu\text{g}/100$ ml.

Chez les 257 enfants âgés de 8 à 20 mois du Sud-Cameroun, seuls 4 enfants (soit 1.6 %) présentent des taux de vitamine A insuffisants, inférieurs à 10 $\mu\text{g}/100$ ml. D'après l'OMS (1976) on considère qu'il peut exister un problème de xérophtalmie dans une population lorsque plus de 5 % des enfants d'âge préscolaire ont une vitaminémie A inférieure à 10 $\mu\text{g}/100$ ml. Donc les résultats des dosages de vitamine A montrent qu'il n'existe pas de problème de xérophtalmie chez les enfants d'âge préscolaire étudiés dans le

Sud-Cameroun ; d'ailleurs aucun des enfants examinés ne présentait de lésion oculaire de l'avitaminose A. La vitaminémie A moyenne des adultes du Centre-Sud $40 \pm 19 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ est plus élevée que celle observée au Nigéria par EDOZIEN (1960) $26.0 \pm 9.9 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ mais plus faible que celle obtenue par DAGADU et GILLMAN au Ghana chez des femmes enceintes $66 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ et chez des soldats $56 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. La vitaminémie A moyenne des 51 adultes de l'Est $47 \pm 11 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ est un peu plus élevée que dans le Centre-Sud mais plus faible que celle des 80 adultes du Nord.

De même que CLERC (1968), nous n'avons pas mis en évidence de différence entre la vitaminémie A de l'africain et de l'européen.

La teneur moyenne en vitamine A sérique des adultes du Nord $62 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ est supérieure à celle observée par DAGADU (1963) chez 23 hommes habitant le Nord du Ghana $41 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$. Il semblerait que les teneurs élevées en vitamine A que nous avons observées dans le Nord soient dues à la présence d'un composé sérique qui réagit avec l'acide trifluoroacétique (TFA). En effet, dans de nombreux échantillons analysés après 3 mois de stockage à -15°C , la coloration bleue instable formée avec le TFA au lieu de diminuer au cours du temps, augmentait. Ce phénomène a déjà été constaté par Mc LAREN (1975) sur des échantillons conservés plus d'un mois : il a montré que ce composé serait un produit d'oxydation du cholestérol réagissant fortement avec le TFA. Donc les résultats de dosages que nous avons effectués dans le Nord sont à confirmer.

Les résultats de nos analyses de vitamine A effectuées dans le sérum d'enfants et d'adultes de plusieurs régions du Cameroun montrent que l'état nutritionnel en vitamine A des populations est satisfaisant. Ils confirment les résultats des enquêtes alimentaires effectuées antérieurement à Evodoula dans le Centre-Sud (66), à Batouri dans l'Est (67) et à Djohong dans le Nord (14).

Selon ces enquêtes, dans le Centre-Sud, le besoin vitaminique A est couvert 4 fois l'ensemble de l'année et 2.5 fois en Décembre pendant la saison sèche (66). Dans l'Est, en Mai-Juin, le besoin est couvert entre 20 et 132 % selon les villages considérés (67). Dans le Nord, la couverture du besoin est de 140 % de Décembre à Mai (14).

La vitamine A et le carotène apportés en abondance en saison des pluies sont stockés par l'organisme dans le foie principalement et libérés dans le sang au fur et à mesure des besoins, c'est à dire quand les apports alimentaires font défaut. Chez l'adulte il faut de nombreux mois de régime carencé en vitamine A avant que n'apparaissent les premiers signes cliniques de la xérophtalmie.

D'ailleurs LE BRAS et al. (1976) n'ont observé dans cette région sur une population de 1801 personnes que 3 enfants âgés de moins de 5 ans présentant des signes oculaires mineurs de la carence en vitamine A : tache de Bitot 1 cas, xérosis de la conjonctive 1 cas et nebula 1 cas.

Toutefois nous pensons qu'il pourrait exister des cas de xérophtalmie dans l'extrême Nord du Cameroun, en particulier chez les enfants d'âge préscolaire, à un âge où ils sont parfois victimes de la rougeole, d'autres maladies infectieuses ou parasitaires et de la malnutrition. En effet, l'enquête alimentaire de MASSEYEFF et al. (1959) chez les Toupouri de Golompoui a révélé que leur ration alimentaire est pauvre en vitamine A : le besoin est couvert à 38 % en Janvier et 71 % en Juillet.

L'augmentation des teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques avec l'âge est un phénomène connu qui a été montré par plusieurs auteurs (53, 58, 90, 97, 100, 101).

Nous avons montré que la caroténoïdémie est significativement plus forte chez les femmes que chez les hommes, autant chez les enfants du Sud Cameroun que chez les adultes du Nord. Ceci a été observé aussi par ailleurs (53, 90).

La vitaminémie A des enfants du Sud Cameroun est plus forte chez les filles que chez les garçons 23.8 contre 20.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ($P < 0.001$). La majorité des auteurs s'accorde à penser que la vitaminémie A est significativement plus forte chez les hommes que chez les femmes (48, 53, 54). On pourrait expliquer ainsi ce désaccord : les femmes disposant de plus de caroténoïdes circulants, par le fait de leur conversion en vitamine A pourraient disposer de plus de vitamine A ; ce phénomène n'apparaîtrait pas dans les pays occidentaux parce que les caroténoïdémies sont beaucoup plus basses.

Chez les enfants âgés de 8 à 20 mois, nous avons constaté une caroténoïdémie plus haute en saison des pluies qu'en saison sèche. De plus, en saison des pluies, la caroténoïdémie s'accroît encore pendant la période de consommation des mangues, où elle dépasse alors 300 µg/100 ml de sérum. Une variation analogue de la caroténoïdémie a été observée en saison des pluies chez des enfants africains (22,90). Cette augmentation de la caroténoïdémie au printemps et en été est classique aussi en zone tempérée (48, 53, 58, 101).

Nous avons mis en évidence des teneurs en caroténoïdes significativement plus élevées chez les sujets ayant la paume des mains colorée en jaune (tableau XV). Ceci tend à montrer que ces dépôts cutanés jaunes sont dus aux caroténoïdes. LEE et al. (1975) ont montré que les maxima d'absorption caractéristiques du β carotène sont trouvés dans des extraits épidermiques après application locale de cantharidine chez 4 hommes qui ont pris 180 mg de β carotène par jour pendant 10 semaines mais ne sont pas trouvés dans les extraits épidermiques prélevés avant le traitement. D'après CLERC (18), les constituants principaux de ces dépôts tissulaires sont formés de carotènes et diverses xanthophylles parmi lesquelles le 3,3 dihydroxyalpha-carotène. DAGADU (1967) a observé des teneurs en caroténoïdes élevées sur des échantillons de graisses corporelles prélevés à l'autopsie chez 17 Ghanéens venant d'une zone où les aliments riches en carotène sont disponibles : en moyenne 28 µg/g de graisse. Cette teneur est environ 7 fois plus forte que celle rapportée par SAUBERLICH (1971) chez 27 sujets Nord-Américains 3.9 µg de caroténoïdes/g de graisses corporelle.

Dans les régions tropicales, en zone forestière où la consommation de caroténoïdes est souvent très abondante, cette coloration jaune bien visible au niveau des faces palmaires et plantaires a été observée par DUPIN (1969), MARTINEAUD (65) et CLERC (1968).

Ce phénomène de dépôt de caroténoïdes au niveau de la peau est parfois appelé xanthodermie ou xanthosis cutis.

De nombreux cas ont été mis en évidence en Europe pendant la 2ème guerre mondiale, à l'époque des restrictions alimentaires, lorsque les gens mangeaient beaucoup de carottes, épinards et aussi chez des sujets diabétiques qui, étant limités dans leur consommation d'aliments glucidiques, reportaient leur appétit sur les légumes verts et les carottes (26,44,57,63).

Le taux de carotène sérique reflète les apports alimentaires récents en provitamines A (25, 93). Aussi un sujet peut avoir consommé la veille de la prise de sang beaucoup d'huile de palme, donc avoir un taux de caroténoïdes sériques dépassant 400 µg/100 ml sans présenter pour autant de signe clinique de carotinodermie parce que les réserves tissulaires n'auront pas eu le temps de se constituer. Inversement, un sujet pourrait présenter des réserves tissulaires importantes de caroténoïdes et une paume de main jaune alors que ses apports récents en provitamines A seraient faibles, donc avoir un taux sérique de caroténoïdes inférieur à 300 µg/100 ml.

Les troubles causés par l'hypervitaminose A ont été décrits par RAOULT (1957). Est ce que ces rapports massifs de caroténoïdes dans l'alimentation ne provoqueraient pas des risques d'hypervitaminose A ? Il ne le semble pas.

Plusieurs auteurs pensent que l'hypercaroténoïdémie ne provoque pas d'hypervitaminose A (49, 60, 86). D'après KÜBLER (1976), l'absorption des caroténoïdes est limitée. L'organisme a la possibilité de contrôler les apports de caroténoïdes au niveau de l'absorption intestinale (une partie est éliminée dans les fèces), puis au niveau de la conversion du carotène en vitamine A.

OLSON a montré que le rétinol et le rétinal inhibent la conversion du β carotène en vitamine A ester. L'excès de caroténoïdes circulant va se stocker dans le tissu adipeux et la peau où ils peuvent atteindre de très fortes concentrations et où ils seront utilisés très lentement.

ANDRE et GANZIN (1954) ont mis en évidence au Congo, chez des enfants grands consommateurs d'huile de palme de nombreux cas de gingivites provoquées par une carence en vitamine C alors que ces enfants consommaient des agrumes et éliminaient des quantités élevées d'acide ascorbique ; d'après ces auteurs l'hypervitaminose A produit un véritable " diabète ascorbique ". Ultérieurement CLERC (1968) a étudié l'ascorburie de sujets hospitalisés subissant une hypervitaminose A provoquée et de durée limitée. Il a mis en évidence une élévation de l'ascorburie lorsque la vitaminiémie A augmente de façon importante, au delà de 200 à 300 µg/100 ml et lorsque le sujet étudié est surchargé en vitamine C.

Donc il semble que " l'antagonisme " entre les vitamines A et C ne se manifeste qu'avec une hypervitaminose A provoquée, avec des teneurs en vitamine A sérique extraphysiologiques. A notre connaissance il n'existe pas d'avitaminose C au Sud Cameroun et nous n'avons pas observé de vitaminémies A très élevées : le maximum que nous ayons rencontré, 121 $\mu\text{g}/100 \text{ ml}$, a été trouvé chez un adulte qui consommait souvent du foie.

Nous avons mis en évidence une liaison hautement significative entre les teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques ($r = 0.52$). Autrement dit 27 % de la variation de la vitaminémie A est expliquée par celle de la caroténoïdémie. Cette corrélation n'est pas aussi forte que celle à laquelle on aurait pu s'attendre, sachant qu'au Cameroun plus des 3/4 des apports de vitamine A proviennent d'aliments végétaux, donc sous forme de caroténoïdes.

Ceci s'expliquerait par le fait que la connaissance de la caroténoïdémie et de la vitaminémie A d'un sujet à un instant donné ne donne pas une image précise, mais plutôt une silhouette de son status vitaminique A. En effet, la teneur sérique en vitamine A varie avec de nombreux paramètres l'apport dans le régime, l'âge, le sexe, l'état physiologique, l'absorption, le stockage, le taux de conversion du carotène en vitamine A etc.

D'après une étude bibliographique de résultats d'autres auteurs PATWARDHAN (1969) a trouvé une forte corrélation entre les teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques chez 5520 sujets de 11 pays : $r = 0.75$.

Nous avons mis en évidence l'existence d'une liaison entre la vitaminémie A et la gamma-globulinémie chez les 257 enfants âgés de 8 à 20 mois : $r = - 0.20$.

De même, SAUBERLICH (1971) a trouvé des taux de gammaglobulines plus élevés chez les enfants avec de faibles taux de vitamine A sérique.

Bien que notre résultat ne soit pas très significatif, il laisse entrevoir les liaisons existant entre cette vitamine et les processus mis en jeu dans la lutte contre les infections. Autrefois, cette vitamine a longtemps été qualifiée de " vitamine antiinfectieuse " (33) dans le sens où lorsque l'organisme dispose d'un apport suffisant en vitamine A, il est en quelque sorte mieux protégé contre les infections. Cette dénomination de " vitamine antiinfectieuse " est inexacte puisque la vitamine A n'agit pas directement sur l'infection, mais d'une manière indirecte

en permettant le maintien de l'intégrité des épithéliums et en stimulant les mécanismes immunitaires. De nombreuses expériences sur animaux ont mis en évidence le rôle de la vitamine A dans la stimulation des processus immunitaires, autant de l'immunité humorale que cellulaire (13, 37, 45).

Chez les enfants âgés de 8 à 20 mois nous avons observé une légère diminution de la vitaminémie A lorsque le déficit pondéral s'accroît. Chez les enfants revus après 5 mois la liaison observée entre la variation de poids par rapport à la taille et la variation de la vitaminémie A ($r = 0.27$, $P < 0.05$) confirme le rôle joué par cette vitamine dans la croissance. Cependant, cette liaison assez faible sous-entend bien que d'autres paramètres agissent sur la croissance tels que les apports énergétiques, protéiques etc.

La liaison entre la vitamine A et la croissance a déjà été montrée par d'autres auteurs (32, 36).

La corrélation que nous avons mise en évidence entre les teneurs en vitamine A et en hémoglobine ($r = 0.24$, $P < 0.001$), souligne les interrelations entre cette vitamine et l'érythropoïèse. Plusieurs auteurs ont montré l'existence d'une liaison entre les teneurs en vitamine A et en hémoglobine ou en fer (38, 62). MAJIA et al. (1977) ont trouvé une faible corrélation entre les teneurs en vitamine A et en hémoglobine chez 500 enfants âgés de 1 à 4 ans ($r = 0.13$, NS), par contre la liaison était plus forte avec la teneur en fer sérique : $r = 0.21$, $P < 0.05$.

Chez les enfants que nous avons examinés, les proportions d'anémisés sont respectivement de 11 % si on prend pour teneur limite en hémoglobine 9 g/100 ml (93), 52 % avec pour limite 11 g/100 ml (76). Nous n'avons pas observé de liaison hémoglobine - fer, ce qui pourrait nous faire penser non pas à une anémie ferriprive mais à une anémie causée par un manque de protéines. Cette hypothèse est étayée par le fait que 20% des enfants observés souffraient d'une malnutrition protéino-énergétique modérée de stade 1. En effet la malnutrition protéino-énergétique est assez fréquente chez les enfants en cours de sevrage et qui plus est en zone de forêt où les rations sont à base de tubercules (teneur en protéine 1%, contre 10 % environ dans les céréales). L'avitaminose A n'existait pas dans ce groupe d'enfants, ce qui pourrait expliquer que la corrélation vitamine A- hémoglobine soit relativement faible.

WOODRUFF et al. (1963) ont mis en évidence une vitaminémie A moyenne de 57 $\mu\text{g}/100$ ml chez 11 onchocerciens présentant des lésions des segments antérieur et postérieur de l'oeil, plus forte que celle de 11 onchocerciens n'en présentant pas (38 $\mu\text{g}/100$ ml). Nous avons trouvé également que la vitaminémie A des adultes porteurs de microfilaries est accrue significativement chez les sujets présentant des signes oculaires de l'onchocercose (71 $\mu\text{g}/100$ ml) par rapport aux sujets n'en présentant pas (60 $\mu\text{g}/100$ ml). Nous ne nous expliquons pas ce résultat, dans la mesure où l'on aurait pu s'attendre, au contraire, à une vitaminémie A plus faible chez les sujets atteints de lésions oculaires. Rappelons pour mémoire que nos résultats paraissent artificiellement élevés pour des échantillons prélevés au Nord Cameroun, à cause d'une mauvaise conservation des sérums au delà d'un mois de stockage à -15°C ; ces résultats demanderaient à être confirmés.

Il semblerait aussi qu'une liaison éventuelle entre l'onchocercose et la vitamine A soit très difficile à mettre en évidence par une étude transversale. Par exemple un adulte avec des lésions oculaires de l'onchocercose peut présenter une teneur en vitamine A sérique normale alors qu'il aurait pu être victime d'une déficience en vitamine A dans son enfance.

En effet la carence en vitamine A est une affection dont le déroulement est relativement rapide, et qui affecte les enfants âgés de moins de 5 ans alors qu'ils commencent seulement à être parasités par l'onchocercose. En opposition, l'onchocercose est une "maladie cumulative" dont les manifestations cliniques (cutanée, lymphatique, oculaire etc.) n'apparaissent qu'après de longues années d'habitation dans une zone d'endémie de l'onchocercose ; il est rare de rencontrer des cas de cécité provoqués par cette maladie chez des enfants âgés de moins de 15 ans.

Nous avons observé une baisse de la vitaminémie A chez 30 enfants pendant le pic fébrile de la rougeole ; deux semaines plus tard les teneurs en vitamine A sérique des 10 enfants qui sont revenus tendent à revenir vers les valeurs normales. Donc il apparaît que la rougeole cause une baisse de la vitaminémie A même chez des enfants ne présentant pas de signes cliniques de malnutrition protéino-énergétique ou de xérophtalmie.

VITERI et BEHAR (1975) ont montré que près de 80 % des enfants rougeoleux qu'ils ont examinés ont une diminution de leur concentration en vitamine A sérique pendant le pic fébrile de la rougeole ; néanmoins ces auteurs ne rapportent pas les vitaminémies A observées.

SAUTER (1976) a mis en évidence de faibles vitaminémies A chez des enfants kenyans : en moyenne 6.4 µg/100 ml chez 32 enfants rougeoleux malnutris et xérophtalmiques et 6.3 µg/100 ml chez 21 enfants malnutris et xérophtalmiques. Cependant il n'a ni étudié des rougeoles bénignes (non compliquées par de la malnutrition), ni constitué de groupe témoin d'enfants sains, aussi il est difficile de savoir quel est le facteur responsable de la baisse de la vitaminémie A entre la malnutrition, la xérophtalmie et la rougeole.

On sait que la carence en vitamine A présente un synergisme avec presque toutes les maladies infectieuses connues (34, 75, 96) c'est à dire que l'infection aggrave la carence en vitamine A et inversement qu'une déficience en vitamine A affaiblit la résistance à l'infection.

Plusieurs auteurs ont montré que la rougeole facilite l'apparition des signes cliniques de la carence en vitamine A. Dès 1894, THOMPSON, puis BLEGVAD (1924) au Danemark remarquaient que la kératomalacie, stade ultime de la xérophtalmie, était souvent associée à de nombreuses maladies dont la rougeole.

Dans les parties septentrionales du Ghana, Nigéria et Cameroun, 14 % de tous les enfants aveugles de moins de 15 ans ont eu des lésions doublement dues à la rougeole et à la carence en vitamine A (88).

OOMEN et al. (1964) constatent que la rougeole cause de sérieux dommages à la cornée et que cette maladie fébrile infantile est très fréquemment suivie par la xérophtalmie dans les pays pauvres.

Chez 6 enfants nigerians affectés de malnutrition protéino-énergétique et de xérophtalmie, les symptômes se sont développés immédiatement après la rougeole chez 4 d'entre eux (104).

COBB et AWDRY (1969) puis Mc GLASHAN (1969) ont étudié les causes de cécité dans la province de Luapula en Zambie de 1962 à 1964. COBB et AWDRY concluent que la majorité des cas de cécité chez les enfants est due à la kératomalacie et à la rougeole souvent un facteur précipitant. Mc GLASHAN (1969) a analysé les causes de 686 cas de cécité arrivés en 1964 dans la province de Luapula : 53 % des cas de cécité sont apparus à la suite de la rougeole et les cécités apparaissent chez de très jeunes

enfants : 1/4 des aveugles ont moins de 2 ans. D'après cet auteur, la plus forte incidence de la cécité chez les garçons de 8 à 15 ans que chez les filles pourrait permettre d'avancer l'hypothèse que la xérophtalmie est une cause de cécité dans cette région. En effet il a été démontré que l'incidence de la xérophtalmie est plus élevée chez les garçons que chez les filles (79).

Dans le Nord du Nigéria, OOMEN (1971) a décrit 5 cas de xérophtalmie observés au cours d'une épidémie de rougeole. FRANKEN (30, 31) a effectué 2 études en Afrique de l'Est et a examiné plus de 100 patients avec des opacités cornéennes. Les sujets (ou leurs parents) disaient que ces lésions oculaires étaient apparues à la suite de la rougeole. Sur 30 enfants rougeoleux examinés par FRANKEN (31), 29 présentaient les symptômes de la xérophtalmie : détachement de l'épithélium, opacités cornéennes, hypopyon. Sur la base de ces observations au Kenya et en Tanzanie, FRANKEN (31) pense que généralement la xérophtalmie est une cause réelle de cécité précipitée par la rougeole. Selon SAUTER la rougeole joue un rôle important dans le développement de la cécité causée par la xérophtalmie chez des enfants kenyans.

Quelques auteurs ont montré que des infections telles que la pneumonie, la fièvre rhumatismale et le rhumatisme articulaire aigu font baisser la vitaminémie A (41, 56, 72, 85). Il a été prouvé par des expériences d'hyperthermie provoquée que c'est l'élévation de la température corporelle qui a pour conséquence la diminution de la teneur en vitamine A plasmatique : quand la fièvre tombe, la vitaminémie A revient progressivement à la normale (3, 70).

Le mécanisme par lequel l'infection produit une baisse de la vitaminémie est assez méconnu. Les infections s'accompagnent généralement d'une perte d'appétit mais celle-ci ne permet pas d'expliquer une baisse aussi rapide de la vitaminémie A pendant le pic fébrile (en quelques heures). En effet, MENDEZ et al. ont constaté chez 10 hommes adultes qu'une élévation artificielle de la température de 2 à 3° C par rapport à la température initiale, pendant 2 h, provoque une baisse significative de la vitaminémie A de 30.9 à 26.0 µg/100 ml (P < 0.01).

L'absorption de la vitamine A pourrait être affectée au cours d'une infection. SIVAKUMAR et REDDY (1972) ont montré que l'absorption de la vitamine A est significativement diminuée chez 8 enfants avec des infections respiratoires et chez 3 enfants affectés de gastroentérite par rapport à celle de 5 enfants apparemment sains.

On sait par ailleurs que certaines infections provoquent un épuisement des réserves hépatiques en vitamine A, un accroissement de son catabolisme (72).

Le rétinol est transporté dans le sang sur une protéine sérique spécifique la RBP (Retinol Binding Protein). Il existe une très forte corrélation entre les teneurs en rétinol et en RBP et ces 2 molécules sont entre elles dans des rapports molaires 1 : 1 dans le sérum (40, 47). A la lumière de ces faits, il paraît vraisemblable d'avancer l'hypothèse suivante, à savoir que la diminution de la vitaminiémie A au cours d'une infection s'accompagne d'une diminution de la teneur en RBP, elle-même provoquée soit par un blocage de la sécrétion de cette protéine au niveau hépatique soit par une excrétion urinaire accrue. En effet, il est connu que les infections s'accompagnent souvent d'un catabolisme protéique accru.

Nous avons montré récemment (16) un abaissement de la teneur en RBP plasmatique au cours de la rougeole ; l'excrétion urinaire de RBP est inconstante et n'est pas liée à sa teneur dans le plasma.

R E S U M E

Des prélèvements de sang effectués dans diverses régions du Cameroun ont été analysés pour leurs teneurs en caroténoïdes et en vitamine A sériques par une méthode colorimétrique utilisant l'acide trifluoroacétique .

Parmi 257 enfants d'âge préscolaire du Sud Cameroun , seulement 1.6 % d'entre eux présentent un taux de vitamine A insuffisant , inférieur à 10 µg/ 100 ml . Tous les enfants ont une caroténoïdémie normale ou supérieure à la normale . Mis à part les nouveaux-nés , les teneurs moyennes en vitamine A sont normales ou élevées , c'est à dire supérieures à 20 µg/ 100 ml de sérum .

La concentration en caroténoïdes dans le sérum augmente avec l'âge et chez les adultes , elle diminue lorsque l'on passe de la zone forestière (Centre - Sud) , à la zone de savane arborée (Est) et à la savane du Nord . De même la vitaminémie A augmente avec l'âge . La caroténoïdémie moyenne est significativement plus élevée chez les femmes que chez les hommes . La vitaminémie A moyenne des filles âgées de 8 à 20 mois 23.8 µg/ 100 ml est significativement plus forte que celle des garçons de même âge 20.8 µg/ 100 ml ($P < 0.001$) . Dans le Sud du pays , nous avons mis en évidence chez des enfants d'âge préscolaire une augmentation approximative de la caroténoïdémie de 200 µg/ 100 ml en saison sèche à 300 µg/ 100 ml en saison des pluies , augmentation due à un apport de mangues dans l'alimentation .

L'apport important de caroténoïdes par une alimentation riche en huile de palme conduit à des taux élevés de caroténoïdes dans le sérum . Ces taux élevés se traduisent souvent par un dépôt tissulaire jaune nettement visible au niveau des faces palmaires et plantaires chez les sujets mélanodermes et d'une façon encore plus nette chez les sujets albinos . Tous les sujets mélanodermes présentant de la carotinodermie avaient des teneurs en caroténoïdes dépassant 300 µg/ 100 ml . Cet apport élevé de caroténoïdes dans la ration ne s'accompagnerait pas d'hypervitaminose A ,

Une corrélation hautement significative entre les teneurs en vitamine A et en caroténoïdes sériques a été montrée ($r = 0.52$) chez 257 enfants âgés de

8 à 20 mois ; il existe également une liaison entre les teneurs en vitamine A et en gammaglobulines ($r = -0.20$, $P < 0.01$) , entre la vitaminémie A et la teneur en hémoglobine ($r = 0.24$, $P < 0.001$) . Chez 65 enfants suivis pendant 5 mois on a mis en évidence une liaison significative entre la variation du poids par rapport à la taille et la variation de la vitaminémie A , indépendamment de la variation de la caroténoïdémie : $r = 0.27$ ($P < 0.05$) .

La vitaminémie A moyenne de 63 enfants d'âge préscolaire parasités par des trichocéphales $20.8 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$ est significativement plus basse que celle de 32 enfants sains d'âge comparable $23.7 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$ ($P < 0.05$) .

La vitaminémie A moyenne des adultes porteurs de microfilaires de l'onchocercose est plus élevée chez les sujets présentant des signes cliniques oculaires de cette maladie que chez ceux n'en présentant pas , 71 et $61 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$, respectivement ($P < 0.05$) .

Nous avons observé de faibles taux de vitamine A sérique chez 30 enfants rougeoleux en première semaine de la maladie , tous inférieurs à la normale $20 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$. La vitaminémie A moyenne de 30 enfants rougeoleux indemnes de malnutrition protéino-énergétique et de signes cliniques de carence en vitamine A $12.1 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$ est significativement plus basse que celle de 9 enfants malades non rougeoleux $16.7 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$ et que celle de 6 enfants sains $21.3 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$. Chez les 10 enfants rougeoleux qui sont revenus en 3ème semaine , les teneurs en vitamine A sérique ont augmenté significativement , en moyenne de 12.1 à $15.7 \mu\text{g} / 100 \text{ ml}$.

En conclusion les résultats des dosages de caroténoïdes et de vitamine A sériques effectués dans diverses régions du Cameroun témoignent d'un état nutritionnel satisfaisant . Ils confirment les résultats des enquêtes de consommation alimentaire effectuées précédemment dans ces mêmes régions . Toutefois , on ne saurait écarter l'éventualité de l'existence de cas de carence en vitamine A dans l'extrême Nord du pays où les apports alimentaires sont plus faibles et en particulier chez les enfants d'âge préscolaire où la déficience en vitamine A est favorisée par la rougeole .

S U M M A R Y

Blood samples collected in various areas of Cameroon were assayed for their seric concentrations of carotenoid and vitamin A by a colorimetric method using trifluoroacetic acid .

Among 257 preschool children in South Cameroon , only 1.6 % of them had a deficient level of vitamin A below 10 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. All the children had acceptable or high carotenoid levels . Except for the neonates , the average levels of vitamin A were acceptable or high , that is above 20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

Seric carotenoid concentration increased with age , while among the adults it decreased from forest areas (Centre-Sud) , to shrubby savannah (Est) and to savannah (Nord) . In the same way the vitamin A level increased with the age .

The average level of carotenoid was significantly higher for the women than for the men . The average vitamin A level of 8-20 months old girls 23.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$, was significantly higher than in the boys of the same age 20.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ($P < 0.001$) . In the South of this country we observed an increase of the average carotenoid level from about 200 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ during the dry season to 300 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ during the rainy season . This increase was attributed to the consumption of mangoes .

Palm oil rich diets lead to high seric carotenoid concentrations and yellow tissular accumulation which was particularly visible on the palms and soles of melanodermic and albinos subjects . All the melanodermic subjects who had carotenodermia had seric carotenoid levels above 300 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. This high carotenoid intake in the diet should not cause hypervitaminosis A .

Significant correlation between vitamin A and carotenoid levels in the serum was showed in 257 8-20 months old children ($r = 0.52$, $P < 0.001$) ; a relationship between gammaglobulin and vitamin A levels was also found ($r = -0.20$, $P < 0.01$) , between vitamin A and hemoglobin levels ($r = 0.24$, $P < 0.001$) . We observed in 65 children investigated during 5 months a relationship between weight for height variation and seric vitamin A variation , independently of carotenoid : $r = 0.27$ ($P < 0.05$) .

Vitamin A level of 63 preschool children infested with *Trichocephalus* 20.8 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ was significantly lower than that of 32 healthy controls 23.7 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ ($P < 0.05$) .

Average vitamin A level of adults infested with microfilariae of *Onchocerca volvulus* was higher in the subjects with ocular signs of onchocerciasis than in those without ocular lesions : 71 and 61 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ respectively ($P < 0.05$) .

Low vitamin A levels were found in 30 children during the rash stage of measles , all below 20 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. The average vitamin A level of 30 children affected with measles , without protein-energie malnutrition and clinical signs of vitamin A deficiency, 12.1 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ was significantly lower when compared to that of 9 patients hospitalized with other diseases 16.7 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$ and than that of 6 healthy controls 21.3 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$. In the 10 patients seen on recall 2 weeks later , the seric vitamin A concentrations were significantly higher with an average of 15.7 $\mu\text{g}/100\text{ ml}$.

The vitamin A nutritional status as assessed by carotenoid and vitamin A assays in sera collected in various parts of Cameroon proved to be of good value . They confirmed the results of the food consumption surveys already done in those same areas . However , there could exist some cases of vitamin A deficiency in the most septentrional area of North Cameroon where vitamin A intake is low and especially in the preschool children where vitamin A deficiency is precipitated by measles .

B I B L I O G R A P H I E

- 1 - ANDRE L.M., GANZIN M. - Hypervitaminose A et avitaminose C . Bull. Acad. Med. 1954 , 24 , 23 , 357 - 359 .
- 2 - AQUARON R., LE FRANCOIS P., KANDEM L. et GUEGUEN R. - Caroténoïdes et vitamine A sériques au Cameroun chez des sujets mélanodermes et albinos . Internat. J. Vit. Nutr. Res. 1978 , 48 , 2 , 105 - 112 .
- 3 - ARON H.C.S., CRAIG R.M., FARMER C.J., KENDELL H.W., SCHWENLEIN G.K. - Effect of elevated body temperature on plasma vitamin A and carotene . Proc. Exper. Biol. Med. 1946 , 61 , 3 , 271 - 276 .
- 4 - AWDEH Z.L. - Separation of vitamin A from carotenoids in microsamples of serum . Analyt. Biochem. 1965 , 10 , 156 - 158 .
- 5 - BLEGVAD O. - Xerophthalmia , keratomalacia and xerosis conjunctivae . Amer. J. Ophthalm. 1924 , 7 , 89 - 117 .
- 6 - BLUMENTHAL D.S., SCHULTZ M.G. - Effects of ascaris infection on nutritional status in children . Amer. J. Trop. Med. Hyg. 1976 , 25 , 5 , 682 - 690 .
- 7 - BOURGEOIS C.F. (1977) - Communication personnelle .
- 8 - BRADLEY D.W., HORNBECK C.L. - A clinical evaluation of an improved TFA micro-method for plasma and serum vitamin A . Biochem. Med. 1973 , 7 , 1 , 78-86 .
- 9 - BRENGUES J. , EOUZAN J.P., FERRARA L., JOSEPH A., LE FRANCOIS P. - Prospection entomologique sur les vecteurs de maladies tropicales et quelques aspects nutritionnels dans la plaine des Mbos - Cameroun . ORSTOM , Yaoundé, 1974 , 82 p.
- 10 - BURNIER M. - Enquête alimentaire dans un village de la brousse ivoirienne portant sur des enfants d'âge préscolaire avec étude du milieu social . Fondation Nestlé , Lausanne , 1972 .
- 11 - CALOT G. - Cours de statistique descriptive . Dunod éd. 1969, Vol. 6, p 156 .
- 12 - CARTER R.A., COOK G.C. - Studies on the serum total carotenoids , vitamin A and serum colour in Nigerian soldiers . Brit. J. Nutr. 1963 , 17 , 515-522 .

- 13 - CHARABATI M. - Vitamine A et réactivité immunitaire chez le rat . Thèse de doctorat d'état ès sciences naturelles , Paris VI , 1974 .
- 14 - CHEVASSUS-AGNES S. - Alimentation et nutrition lipidique des Bayas de l'Adamaoua , ORSTOM , Yaoundé , 1974 .
- 15 - CHEVASSUS-AGNES S. - Communication personnelle .
- 16 - CHEVASSUS-AGNES S., LE FRANCOIS P., LAMBLIN G., CARLES C., MAIRE B. - Variations de quelques paramètres plasmatiques (albumine , préalbumine , " retinol-binding protein ") et urinaires au cours de la rougeole chez des enfants africains . Journées " Métabolisme " de l'Association Française de Nutrition , Nancy , 25 - 26 Janvier 1979 .
- 17 - CLERC M. - Contribution à l'étude des relations vitaminiques A et C . Thèse de médecine , Abidjan , 1968 .
- 18 - CLERC M. - Communication personnelle .
- 19 - COBB B., ANDRY P.N. - Xerophthalmia . Trans. Ophthalm. Soc. 1969 , 88 , 579 - 585 .
- 20 - DAGADU M., GILLMAN J. - Hypercarotenaemia in Ghanaians . Lancet , 1963 , 531 - 532 .
- 21 - DAGADU M. - Hypercarotenaemia in Ghanaians . 2 Geographical variations in serum carotene levels . Ghana Med. J. 1963 , December , 153 - 154 .
- 22 - DAGADU M. - Carotene and vitamin A in the serum of new born infants and their mothers . Ghana Med. J. 1965 , September , 121 - 122 .
- 23 - DAGADU M. - Distribution of carotene and vitamin A in liver , pancreas and body fat of Ghanaians . Brit. J. Nut. 1967 , 21 , 453 - 456 .
- 24 - DAGNELIE P. - Analyse statistique à plusieurs variables . Presses agronomiques de Gembloux , 1975 .
- 25 - DUPIN H. - Les enquêtes nutritionnelles . CNRS éd. , Paris , 1969 .
- 26 - DUVOIR R., LEREBoullet J., POUMEAU-DELILLE G., DURUPT L. - La caroténémie . Paris Médical 1942 , 43 , 30 Octobre , 325 - 329 .
- 27 - EDOZIEN J.C. - Biochemical normals in Nigerians : chemical composition of the blood of adults . The West Afr. Med. J. 1960 , 9 , 204 - 207 .
- 28 - F. A. O. - Besoins en vitanine A, thiamine, riboflavine et niacine . Réunions de la FAO sur la nutrition , rapport n° 41 , Rome , 1967 .

- 29 - F. A. O. - Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique , Rome , 1970 .
- 30 - FRANKEN S. - Measles and xerophthalmia in East Africa . Trop. Geogr. Med. 1974 , 26 , 39 - 44 .
- 31 - FRANKEN S. - Xerophthalmia and measles in East Africa . Ophthalmol. 1976 , 173 , 296 - 297 .
- 32 - FRY P.C., EITELMAN J.D., KEM K. - Vitamin A status of Mexican-American four year-olds from non-migrant families . Nutr. Reports Internat. 1975 , 11 , 1 , 71 - 78 .
- 33 - GONTZEA I. - Nutrition and antiinfectious defence . KARGER S. ed. , Basel , 1974 , p. 111 .
- 34 - GORDON J.E., SCRIMSHAW N.S. - Infectious disease in the malnourished . Med. Clin. North America 1970 , 54 , 6 , 1495 - 1508 .
- 35 - GOUNELLE H., VALETTE A. et MARCHES J. - La caroténémie et le rapport carotène/vitamine A chez le sujet normal et dans l'insuffisance hépatique . Paris Médical , 10 août 1944 , 160 - 162 .
- 36 - HALDER K., SUNDARARAJAN A.R. (1958) cités par ROELS O.A., MACK J.P. - Vitamin A and protein metabolism . Agricult. Food Chem. 1972, 20, 6, 1133-1135.
- 37 - HARMON B.G. - Relationship of specific nutrient deficiencies to antibody production in swine . 1. Vitamin A . J. Nutr. 1963 , 79 , 263 - 268 .
- 38 - HODGES R.E., SAUBERLICH H.E., CANHAM J.E., WALLACE D.L., RUCKER R.B., MEJIA L.A., MOHANRAM M. - Hematopoietic studies in vitamin A deficiency . Amer. J. Clin. Nutr. 1978 , 31 , 876 - 885 .
- 39 - I. C. N. N. D. (1963) cité par DUPIN H. - Les enquêtes nutritionnelles . CNRS éd. , Paris , 1969 , p. 54 .
- 40 - INGENBLEEK Y. - La malnutrition protéino-calorique chez l'enfant en bas âge . Répercussions sur la fonction thyroïdienne et les protéines vectrices du sérum . Thèse d'agrégation de l'enseignement supérieur , Université Catholique de Louvain , 1977 .
- 41 - JACOBS A.L., LEITNER Z.A., MOORE T., SHARMAN J.M. - Vitamin A in rheumatic fever . J. Clin. Nutr. 1954 , 2 , 3 , 155 - 161 .

- 42 - JELLIFTE D.B. - Appréciation de l'état nutritionnel des populations . O. M. S. Série de monographies n° 53 , Genève , 1969 .
- 43 - JOSEPH A., LE FRANCOIS P., GALLON G., CORNU A., DELPEUCH F. et CHEVALIER P. - Quelques résultats biochimiques obtenus dans le foyer d'onchocercose de Touboro (Cameroun) , ONAREST , Yaoundé , 1977 .
- 44 - JOSEPHS H.W. - Hypervitaminosis A and carotenemia . Amer. J. Dis. Child. 1944 , 67 , 33 - 43 .
- 45 - JURIN H., TANNOCK I.F. - Influence of vitamin A on immunological response . Immunology 1972 , 23 , 283 - 287 .
- 46 - KAHAN J. - Automatic fluorometric assay of serum vitamin A . Internat. J. Vit. Nutr. Res. 1973 , 43 , 2 , 127 - 141 .
- 47 - KANAI M., RAZ A., GOODMAN D.S. - Retinol-Binding protein : the transport protein for vitamin A in human plasma . J. Clin. Investig. 1968 , 47 , 2025 - 2044 .
- 48 - KUBLER W. - Concentrations de rétinol et de caroténoïdes dans le plasma sanguin de l'homme . Ann. Hyg. Langue Franç. , Médecine et Nutrition 1970 , 6 , 4 , 33 - 42 .
- 49 - KUBLER W. - Vitamin A . Ernährungs-Umschau 1976 , 23 , 12 , 367 - 370 .
- 50 - LE BRAS J., BOUCHITE B., LAMIZANA M. et BRENGUES J. - Enquête onchocercose dans le bassin Vina - Pende - Logone . Le foyer de Touboro (Cameroun) . XIème Conf. Techn. OCEAC , Yaoundé , 25 - 27 Mars 1976 , 36 p.
- 51 - LEE R., MATHEWS-ROTH M.M., PATHAK M.A., PARRISH J.A. - The detection of carotenoid pigments in human skin . J. Investig. Dermatol. 1975 , 64 , 3 , 175 - 177 .
- 52 - LE FRANCOIS P., GUEGUEN R. et GALLON G. - Etude de quelques paramètres anthropométriques et biochimiques chez des enfants Camerounais de 0 à 20 mois . Xème Conf. Techn. OCEAC , Yaoundé , 15 - 17 Avril 1975 , 15 p.
- 53 - LEITNER Z.A. , MOORE T. , SHARMAN J.M. - Vitamin A and vitamin E in human blood . Brit. J. Nutr. 1960 , 14 , 157 - 169 .
- 54 - LEONARD P.J. - Serum and liver levels of vitamin A in Ugandans . East Afr. Med. J. 1964 , 41 , 133 - 136 .

- 55 - LEONARD P.J., BANWELL J.G. - The serum level and absorption of vitamin A in severe hookworm infestation . East Afr. Med. J. 1964 , 41 , II , 505 - 507 .
- 56 - LINQUIST (1938) cite par MOORE T. - Vitamin A . Elsevier Publish. Comp. Amsterdam , 1957 , p. 421 .
- 57 - MAC CONAGHEY R.M.S. - Carotenaemia . Lancet 1952 , October 11 , 714 - 715 .
- 58 - MAC GANITY W.J. - Clinical observations on children in the Texas nutrition survey . Workshop on biochemical and clinical criteria for determining human vitamin A nutriture, National Academy of Sciences, Washington, 1971, 27-31 .
- 59 - MAC GLASHAN N.D. - Measles , malnutrition and blindness in Luapula province , Zambia . Trop. Geogr. Med. 1969 , 21 , 157 - 162 .
- 60 - MAC LAREN D.S., OOMEN H.A.P.C., ESCAPINI H. - Ocular manifestations of vitamin A deficiency in man . Bull. World Health Org. 1966 , 34 , 357 - 361 .
- 61 - MAC LAREN D.S. - Vitamin A . Progress in Food Nutr. Sc. 1975 , 1 , 5 , 335 - 348 .
- 62 - MAJIA L.A., HODGES R.E., ARROYAVE G., VITERI F., TORUN B. - Vitamin A deficiency and anemia in Central American children . Amer. J. Clin. Nutr. 1977 , 30 , 7 , 1175 - 1184 .
- 63 - MARCHE J. - La carotéodermie . J. Méd. Chirurgie Pratiques 1944, 115, 35-44 .
- 64 - MARTINEAUD M., RICHIR C., CROS J., TOURY J., DUPIN H. - Niveaux de consommation alimentaire au sein des populations rurales dans la zone de culture de l'*Elaeis guineensis* (Togo , Dahomey) . VIème Conf. Techn. OCCGE , Bobo -Dioulasso , 1966 , p. 100 - 110 .
- 65 - MARTINEAUD M. - Communication personnelle .
- 66 - MASSEYEFF R. et CAMBON A. - Enquêtes sur l'alimentation au Cameroun . I . Doudoula , ORSTOM , Yaoundé , 1955 .
- 67 - MASSEYEFF R. , PIERRE M.L. et BERGERET B. - Enquêtes sur l'alimentation au Cameroun . II . Batouri , ORSTOM , Yaoundé , 1958 .
- 68 - MASSEYEFF R., CAMBON A. et BERGERET B. - Enquêtes sur l'alimentation au Cameroun . III : Golegoui , ORSTOM , Yaoundé , 1959 .
- 69 - MBEDE J. et LE FRANCOIS P. - Etude de quelques paramètres biochimiques au cours de la rougeole . Arch. Franç. Péd. 1978 , 35 , 292 - 297 .

- 70 - MENDEZ J., SCRIMSHAW N.S., SALVADO C., SELVA M.L. - Effects of artificially induced fever on serum proteins , vitamin levels and hematological values in human subjects . J. Applied Physiol. 1959 , 14 , 768 - 770 .
- 71 - MIGASENA S., MIGASENA P., PAVAPOOTANON N., JINTAKANON K. - Serum vitamin A levels in patients with some parasitic diseases in Thailand . Proced. 6th SEAMEO Tropmed Seminar , Djakarta , 1969 , p. 96 - 99 .
- 72 - MOORE T. - Vitamin A . Elsevier Publishing Company , Amsterdam , 1957 .
- 73 - NEELD J.B., PEARSON W.N. - Macro and micronethods for the determination of serum vitamin A using trifluoroacetic acid . J. Nutr. 1963 , 79 , 454 - 462 .
- 74 - OLSON J.A. - The conversion of radioactive β carotene into vitamin A by rat intestine in vivo . J. Biol. Chem. 1961 , 236 , 2 , 349 - 356 .
- 75 - O. M. S. - Rapports entre la nutrition et l'infection . Série de rapports techniques n° 314 , Genève , 1965 .
- 76 - O. M. S. - Les anémies nutritionnelles . Série de rapports techniques n° 503 , Genève , 1972 .
- 77 - O.M.S. - Carence en vitamine A et xérophtalmie . Série de rapports techniques n° 590 , Genève , 1976 .
- 78 - OOMEN H.A.P.C., MAC LAREN D.S., ESCAPINI H. - Epidemiology and public health aspects of hypovitaminosis A . A global survey on xerophthalmia . Trop. Geogr. Med. 1964 , 16 , 271 - 315 .
- 79 - OOMEN H.A.P.C. - Clinical epidemiology of xerophthalmia in man . Amer. J. Clin. Nutr. 1969 , 22 , 8 , 1998 - 2005 .
- 80 - OOMEN J.M.V. - Xerophthalmia in northern Nigeria . Trop. Geogr. Med. 1971 , 23 , 246 - 249 .
- 81 - PASTEUR VALLERY-RADOT cité par MARCHE J. - La carotinodermie . J. Méd. Chirurgie Pratiques 1944 , 115 , 35 - 44 .
- 82 - PATWARDHAN V.N. - Hypovitaminosis A and epidemiology of xerophthalmia . Amer. J. Clin. Nutr. 1969 , 22 , 8 , 1106 - 1118 .
- 83 - PERISSE J. - L'alimentation des populations rurales du Togo . Ann. Nutr. Aliment. 1962 , 16 , 4 , 1 - 58 .
- 84 - PERISSE J. - L'alimentation en Afrique intertropicale . Thèse pharmacie , Paris , 1966 .

- 85 - POPPER H., STEIGMANN F., DUBIN A., DYNIEWICZ H.A., HESSER F.P. - Significance of vitamin A alcohol and ester partitioning under normal and pathologic circumstances . *Proced. Soc. Exp. Biol. Med.* 1948 , 68 , 676 - 680 .
- 86 - RAOULT A. - L'avitaminose A . *Nutrition et alimentation tropicales* , F.A.O., rapport n° 20 , tome 2 , Rome , 1957 , p. 1193 - 1207 .
- 87 - RODGER F.C. - New observations on ocular onchocerciasis . *Bull. World Health Org.* 1957 , 16 , 497 - 508 .
- 88 - RODGER F.C. (1959) citée par LOWENSTEIN F.W. - Nutrition and infection in Africa . *Nutr. Abstracts and Reviews* 1970 , 40 , 2 , 373 - 393 .
- 89 - RODGER F.C. - Personal observations on some metabolic diseases of the eye . *Proced. Nutr. Soc.* 1960 , 19 , 1 , 80 - 88 .
- 90 - ROELS O.A., DEBEIR O. , TROUT M. - Vitamin A deficiency in Ruanda-Urundi . *Trop. Geogr. Med.* 1958 , 10 , 77 - 92 .
- 91 - ROELS O.A., TROUT M., ALMAS B. - The vitamins . GEORGY P., PEARSON W.N. eds., 2nd edition , Vol. VI , Academic Press , New York , 1967 , p. 181 - 182 .
- 92 - SAUBERLICH H.E. - Nutritional status of preschool migrant farm children . Summary of Proceedings workshop on biochemical and clinical criteria for determining human vitamin A nutriture . National Academy of Sciences , Washington 1971 , p. 24 - 26 .
- 93 - SAUBERLICH H.E., DODDY R.P., SKALA J.H. - Laboratory tests for the assessment of nutritional status , CRC Press , 1974 , p. 4 - 13 .
- 94 - SAUTER J.J.M. - Xerophthalmia and measles in Kenya . Thesis of medicine , Groningen , 1976 .
- 95 - SCHWARTZ D. - Méthodes statistiques à l'usage des médecins et biologistes , Flammarion éd. , 3ème éd. 1972 .
- 96 - SCRIMSHAW N.S., TAYLOR G.W., GORDON J.E. - Interactions entre l'état nutritionnel et les infections . OMS , Monographie n° 57 , Genève , 1971 .
- 97 - SEBRELL W.H. et al. (1972) cités par UNDERWOOD B.A. - The determination of vitamin A and some aspects of its distribution, mobilization and transport in health and disease . *World Rev. Nutr. Dietetics* , 1974 , 19 , p. 159 .
- 98 - SELVARAJ J., SUSHEELA T.P. - Estimation of serum vitamin A by a microfluorometric procedure . *Clin. Chim. Acta* 1970 , 27 , 165 - 170 .

- 99 - SIVAKUMAR B., REDDY V. - Absorption of vitamin A in children with ascariasis. J. Trop. Med. Hyg. 1975 , 114 - 115 .
- 100 - SUTHUTVORAVOOT S., OLSON J.A. - Plasma and liver concentrations of vitamin A in a normal population of urban Thai . Amer. J. Clin. Nutr. 1974 , 27 , 883 - 891 .
- 101 - SZYMANSKI B.B., LONGWELL B.B. - Plasma vitamin A and carotene determinations in a group of normal children . J. Nutr. 1951 , 45 , 431 - 442 .
- 102 - THOMPSON (1894) cité par SPECTOR J., MAC KHANN C.F., MESERVE E.R. - Effects of disease on nutrition . I. Absorption , storage and utilization of vitamin A in the presence of disease . Amer. J. Diseases Child. 1943 , 66 , 376 - 395 .
- ~~103~~ 103 - VITERI F.E., BEHAR M. - Efectos de diversas infecciones sobre la nutricion del preescolar especialmente el sarampion . Bol. Oficina Sanit. Panam. 1975 , 78 , 3 , 226 - 240 .
- 104 - VOORHOEVE H.W.A.- Xerophthalmia in the presence of kwashiorkor in Nigeria . Trop. Geogr. Med. 1966 , 18 , 15 - 19 .
- 105 - WINTER M. - Le niveau de vie des populations de l'Adamaoua . ORSTOM , Yaoundé , 1964 .
- 106 - WOODRUFF A.W., BARNLEY G.R., HOLLAND J.T., JONES D.E. , MAC CRAE A.W.R., MAC LAREN D.S. - Onchocerciasis and the eye in Western Uganda . Trans . Royal Soc. Trop. Med. Hyg. 1963 , 57 , 1 , 50 - 63 .

A N N E X E - Composition en vitamine A de quelques aliments consommés
en Afrique (d'après la table de la FAO, 1970)

N°	Denrée et description	Composition en µg / 100 g	
		Rétinol	Equivalent β carotène
<u>A) Aliments d'origine végétale</u>			
<u>Céréales</u>			
44	maïs jaune , grain entier , séché		100 (65 - 110)
78	mil du Soudan , grain entier , séché		traces
137	riz blanchi poli		0
158	sorgho grains entiers , moyenne toutes variétés		10 (0 - 30)
<u>Racines , tubercules</u>			
195	banane plantain , mûre		780 (390 - 1035)
199	banane douce , mûre		120 (105 - 180)
232	igname blanche , tubercule cru		10
245	manioc , farine		0
255	patate douce , variété jaune		1255 (300 - 1345)
272	taro , tubercule cru		traces
<u>Légumineuses et produits dérivés</u>			
280	arachides , graines entières décortiquées sèches		15 (0 - 20)
338	niébé , graines entières , sèches		70
<u>Noix et graines</u>			
370	Boscia , graines sèches		165 (160 - 170)
371	Boscia , graines cuites		25
382	Cola de Guinée , fraîche		25 (0 - 40)
447	noix de coco , amande mûre , fraîche		25
470	pommier du Cayor , amande sèche		210
<u>Légumes et produits dérivés</u>			
501	amarante , feuilles crues		5716
520	baobab , feuilles sèches		9710
544	carotte , racine crue		5480 (5040 - 5920)
578	citrouille , fruit mûr , cru , variété jaune foncée		3565 (3360 - 3800)
644	gombo , fruit cru		185 (180 - 190)

N°	Denrée et description	Composition en µg / 100 g	
		Rétinol	Equivalent B carotène
712	manioc , feuilles crues	!	! 11775 (8700 - 12250)
748	oseille de Guinée , feuilles crues	!	! 4135
751	oseille de Guinée , calices secs	!	! 110 (35 - 125)
776	piment rouge , fruit cru	!	! 7140 (5000 - 9280)
833	tomate mûre , entière	!	! 450 (360 - 700)
840	tomate cerise , fruit mûr , cru	!	! 1040 (618 - 2120)
	<u>Fruits</u>	!	!
866	avocat	!	! 530 (121 - 900)
869	baobab , pulpe	!	! 70 (40 - 95)
931	goyave , fruit entier , cru	!	! 290 (170 - 330)
970	mangue , fruit mûr	!	! 3200 (355 - 12950)
991	palmier à huile , pulpe crue	!	! 42420 - 168800
996	papaye , fruit cru	!	! 950 (205 - 1500)
	<u>Huiles</u>	!	!
1551	huile de palme , huile de pulpe	!	! 37300 - 128700
	B) <u>Aliments d'origine animale</u>	!	!
1109	foie de boeuf	! 810	! 180
1194	viande de boeuf très maigre	! 0	!
1210	oeuf de poule entier , cru	! 350	! 300
1341	poisson tordu cru	! 185	! 40
1381	poisson chien , cru	! 2465	! 550
1414	sardine , crue	! 120	!
1496	lait de vache ou de zébu , entier	! 95	! 80
	!	!	!
	!	!	!