

Ministère de l'Éducation Nationale
Université de Bamako



Faculté de Médecine, de Pharmacie
et d'Odonto-Stomatologie

Année universitaire 2008-2009

République du Mali
Un Peuple • Un But • Une Foi

Thèse N°..... / 2009

TITRE :

EFFICACITE DE LA SPIRULINE, DU POISSON ET DES FARINES INFANTILES DANS LA REDUCTION DE LA MALNUTRITION ET DE L'ANEMIE CHEZ LES ENFANTS A SABALIBOUGOU

Thèse présentée le / / 2009

**A la Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie du Mali.
Par Kadiatou KAMIAN
Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie (Diplôme d'Etat).**

JURY :

**Président : Pr Abdoulaye AG RHALY
Membre : Docteur Hamadoun SANGHO
Membre : Docteur Yaya COULIBALY
Directeur : Docteur Akory AG IKNANE**

***A Allah, le Tout Puissant et Miséricordieux
Loué soit-il, et à son prophète Mohamed (SWA)
Pour m'avoir donné la chance de réaliser ce que j'avais pris pour
un rêve.***

*Je dédie cet ouvrage particulièrement
A ma sœur chérie, feu Fatoumata Bintou, dite Tata,*

*Ma sœur aînée, grande sœur bien-aimée, ma sœur chérie, ma sœur adorée, mon amie,
ma confidente, Tata, je te dédie cet ouvrage.*

Petit Soldat de la vie,

*Toi qui as été arrachée à notre affection au summum de ta vie, de ta carrière, de notre
affection... Nous sommes et resterons toujours fiers de toi. Tu n'es plus.*

Mais tu vis, tu palpites en secret en moi, comme chez chaque membre de la famille...

*Coup de tonnerre dans un ciel serein, ta disparition nous laisse encore hébétés, avides de
ta présence, de tes sourires et de ta bonne humeur.*

*Ta vivacité, ta gentillesse, ton amour du prochain, ta disponibilité, ton entrain, ton
courage, ta franchise, tes multiples talents, ton intelligence, tes dons incroyables ont fait
un exemple que nous tous frères et sœurs essayons de suivre.*

*Tata, te souviens-tu des moments où, toutes les deux, nous nous amusions à faire de la
télépathie ? Je sais qu'en ce jour spécial, le Tout puissant a établi une connexion spéciale
entre nous. Et je sais que tu es avec moi.*

Repose en paix, Tata. Ton bref passage a illuminé notre vie.

Qu'Allah le Tout Puissant et Miséricordieux t'accorde Paix et sérénité.

Amen

A mon père, l'émérite Professeur Bakari Kamian

Papa,

Tu es à l'origine de ma curiosité, de mon attirance pour la connaissance, je te dois tout.

Tu m'as comblée de tout ce qu'un enfant peut souhaiter de son père : éducation, amitié, conseil, et amour, tu m'as soutenue et réconfortée dans les moments difficiles. Que le

Tout Puissant te garde en vie encore très longtemps, à nos côtés.

Merci papa.

Tu m'as guidé dans la vie.

Ton savoir immense, ta culture, et ta sagesse sont pour moi des repères éternels.

Encourageant et aimant, c'est toi qui m'as appris à exceller, à m'imposer, à me défendre, dans la vie.

J'espère que tu seras fier de moi-même si je n'ai pas embrassé la même voie que toi, mais comme toi, j'essaierai de devenir une référence dans ma branche.

*Tu m'as appris que « **la connaissance est ce qu'on ne peut pas arracher à une personne** ».*

Merci Papa.

A ma mère, Habibatou Bathily Simpara

Maman,

Tu es Amour, Douceur et Patience, et Pardon.

Tu t'es dévouée à tes enfants, tu nous as enseigné Amour, Tolérance, respect et courage.

Guide spirituel, religieux, tu nous as appris la vie, pas à pas, avec attention, affection et amour. Maman, je suis ce que tu as pris le temps de faire de moi. Merci.

Merci de m'avoir relevé chaque fois que je suis tombée, merci de m'avoir souri à chaque pas que j'ai fait en avant, merci de m'avoir acclamée à toute occasion. Tu es si attentive, si tendre, merci Maman.

Tu es la meilleure des mères, et j'espère être comme toi. Comme tu sais, Maman, la vie est un combat, que le Tout Puissant nous accorde la chance de rester encore longtemps

avec toi. Nous sommes et serons toujours là pour te soutenir. N'oublie pas que tu nous dis toujours de nous battre. A ton tour Mamya, dépasse ce mal qui te ronge.

Mamya, je t'aime.

A mes frères et sœurs : Atta, Mohamed et Kassoum.

Je n'ai pas de mots pour vous qualifier notre fraternité ; merci pour votre amour, votre patience, merci pour vos aides matérielles, morales, pour vos encouragements indéfectibles tout le long de ce long périple, Que le Tout Puissant raffermisse encore notre entente et notre amour et nous garde unis à jamais. Pardon pour tout le temps que je vous ai pris, votre sœur est à présent revenue... Que le Tout Puissant me donne la chance de me racheter, j'ai été si longtemps absente !

A mes enfants : Tiéba et Ismaël, Puisse Dieu le Miséricordieux et le Tout Puissant vous insuffler le courage de travailler et de suivre les traces de votre grand-père et de votre mère. Que dieu vous bénisse. Je vous demande pardon pour mon absence !

A mes belles sœurs : Mamie et Néné. Vous avez assumé mes rôles auprès de la famille et de mes enfants durant tout ce temps. Ces études auraient été irréalisables sans votre précieuse aide. Que Dieu bénisse vos ménages. Je vous dédie cette thèse

A mon beau-frère : Cheickna DIAWARA, pour ta patience et ton soutien!

A Mijo, Daddy, Habiba, Mariétou, Bijou, Anna, Ricky, Soukia, mon Homo Dija, à tous mes enfants chéris ; votre avenir est entre vos mains, le travail en est la seule et vraie solution. Mijo, j'espère te donner l'exemple et le courage de choisir la branche que tu aimes. Comment vous exprimer cette joie d'avoir davantage de temps à vous consacrer !

A ma très chère petite sœur Fanta KAMIAN, à ma sœur Kosso, à mon grand-frère Youssouf pour votre soutien et réconfort,

A tous mes oncles et tantes : des familles Kamian et Bathily Simpara, Dicko, Niaré, Ouologuem, Daou.

A mes cousines et cousins : des familles Bathily Simpara, N'Diaye, Traoré, Kaza, Gakou, Dicko, Sangaré, feu Fakoney Ly.

A mon ami Seydou DIALLO de Balafon, pour tout ton soutien et ta disponibilité en toutes circonstances.

A tous les amis ou connaissances qui m'ont encouragés durant ces années, A mes « associés » première et deuxième génération : Yaya Berthé et Gaston Dembélé pour votre amitié et soutien indéfectible,

Au Docteur Modibo Diarra de l'INRSP et Docteur Ahmadou Fofana de la CPS : merci pour votre disponibilité, et gentillesse. Vos conseils précieux m'ont beaucoup éclairé. Ce travail est aussi le votre.

Au Professeur Massa SANOGO, ancien Doyen de la FMPOS : pour m'avoir accueillie à la FMPOS et vivement encouragée à suivre ces études.

A tout le service de l'INRSP, particulièrement :

- *Au Professeur Flabou BOUGOUGOGO, Directeur Général et au Professeur TOURE, Directeur Général-Adjoint pour m'avoir encouragée et autorisée à faire ces études de Pharmacie.*
- *A Marie-Agnès Koné pour sa disponibilité et sa gentillesse : merci Agnès !*
- *Mr Fallé COULIBALY, Dr KAMATE, Dr Hyppolite TRAORE, pour votre amitié, votre soutien,*

A mes camarades et amis de la FMPOS: pour les années studieuses mais combien heureuses que nous avons passées ensemble à la FMPOS.

A tout le service Nutrition de l'INRSP, et à ses internes inoubliables.

Au personnel ASACOSAB I, II, et II, à Mr TANGARA, 3^{ème} adjoint au maire de la commune V,

Efficacité comparée de la spiruline, du poisson et des farines infantiles dans la réduction de la malnutrition et de l'anémie chez les enfants à Sabalibougou.

A tout le corps professoral de la FMPOS : Pour l'enseignement de qualité et l'initiation professionnelle que vous nous avez dispensé. Trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude.

A notre Maître et Président du Jury

Professeur Abdoulaye AG RHALY

- **Professeur titulaire de Médecine Interne à la Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontostomatologie (FMPOS),**
- **Ancien Directeur de l'INRSP,**
- **Ancien Secrétaire Général de l'OCCGE,**
- **Secrétaire permanent du CNESS,**
- **Responsable des cours d'endocrinologie, de sémiologie et de pathologie médicale à la FMPOS,**
- **Chevalier de l'Ordre National des Palmes Académiques du CAMES.**

Cher Maître, c'est un grand honneur que vous nous faites en acceptant de présider ce jury malgré vos multiples occupations.

Nous sommes fiers d'être comptés parmi vos élèves et espérons être digne de la confiance que vous avez placée en nous.

Pour nous, vous êtes et resterez un modèle à suivre.

Veillez accepter cher Maître, nos humbles remerciements et trouvez ici l'expression de toute notre reconnaissance.

**A notre Maître et Juge,
Dr Yaya COULIBALY**

- **Maître-assistant en Législation à la Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontostomatologie (FMPOS),**
- **Chef de cabinet au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.**
- **Ancien Conseiller au Ministère de la Santé,**
- **Ancien Inspecteur au Ministère de la Santé,**

Cher Maître, les mots me manquent pour exprimer ce que je ressens. Nous avons été marqués par la simplicité avec laquelle vous avez accepté de juger ce travail.

Vos qualités humaines, scientifiques et votre ouverture d'esprit font de vous un maître exemplaire.

Veillez accepter cher Maître, l'expression de notre profond respect et de notre vive reconnaissance.

A notre Maître et Juge
Dr Hamadoun SANGHO

- **Maître-assistant en Santé Publique,**
- **Chargé de cours à la Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontostomatologie (FMPOS),**
- **Directeur du Centre de Recherche d'Etudes et de Documentation pour la Survie de l'Enfant (CREDOS).**

Cher Maître,

Nous sommes heureux de l'honneur que vous nous faites en acceptant de siéger dans ce jury.

L'étendue de vos connaissances morales, sociales et intellectuelles suscitent une grande admiration, et font de vous un grand maître aimé.

Permettez-nous de vous exprimer ici, cher Maître, le témoignage de nos remerciements sincères et de notre profonde gratitude.

A notre Maître et Co-Directeur de Thèse

Dr Ag IKNANE AKORY

- **Maître-assistant à la Faculté de Médecine, Pharmacie et Odontostomatologie FMPOS,**
- **Spécialiste en Santé Publique,**
- **Chef du service Nutrition à l'INRSP,**
- **Premier médecin directeur de l'ASACOBA,**
- **Ancien conseiller technique en nutrition à la Division de Suivi de la Situation Alimentaire et Nutritionnelle à la CPS à Koulouba (DSSAN),**
- **Président du réseau malien de nutrition (REMANUT).**

Cher Maître, nous vous remercions pour l'honneur que vous nous avez fait en acceptant de co-diriger ce travail malgré vos multiples occupations.

Pour la confiance que vous nous avez accordée en nous proposant ce sujet que vous avez initié, si intéressant et riche, et pour votre aide précieuse dans la réalisation de ce travail,

Veillez trouvez ici, Cher Maître, l'expression de nos humbles remerciements et de notre profond respect.

A notre Maître et Directeur de Thèse,

Pr Abdel-Kader TRAORE

- **Professeur Agrégé en Médecine interne,**
- **Spécialiste en Médecine Interne et en Communication Scientifique et Médicale,**
- **Directeur du Centre National d'Appui à la lutte contre la Maladie (CNAM)**
- **Membre de l'International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders (ICCID).**

Cher Maître,

C'est un grand honneur et plaisir immense que vous nous avez fait en dirigeant cette thèse, malgré vos multiples sollicitations.

Vos qualités humaines et vos connaissances scientifiques font de vous un professeur très respecté et apprécié.

Cher maître, veuillez trouver en ce travail, l'expression de toute notre reconnaissance et notre profond respect.

Liste des tableaux

	Pages
<u>Tableau I</u> : Les besoins énergétiques, selon les sources de la FAO.....	14
<u>Tableau II</u> : Les besoins en fer.....	29
<u>Tableau III</u> : Taxonomie de la spiruline.....	31
<u>Tableau IV</u> : Valeur nutritionnelle et énergétique des compléments utilisés.....	37
<u>Tableau V</u> : Répartition de la population de la Commune V.....	40
<u>Tableau VI</u> : Répartition des protocoles.....	45
<u>Tableau VII</u> : Composition de la farine SINBA.....	46
<u>Tableau VIII</u> : Description de l'échantillon.....	53
<u>Tableau IX</u> : Répartition de l'échantillon en fonction du protocole.....	54
<u>Tableau X</u> : Répartition de l'échantillon en fonction de l'ethnie.....	55
<u>Tableau XI</u> : Répartition de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.....	55
<u>Tableau XII</u> : Répartition de l'échantillon en fonction du type d'allaitement...	56
<u>Tableau XIII</u> : Répartition de l'échantillon en fonction du statut vaccinal.....	57
<u>Tableau XIV</u> : Prévalence de l'émaciation.....	57
<u>Tableau XV</u> : Prévalence de l'insuffisance pondérale en début et fin d'étude...	59
<u>Tableau XVI</u> : Prévalence de la malnutrition chronique en début et fin d'étude.....	60
<u>Tableau XVII</u> : Evolution de l'indice Poids/taille, Protocole farine seule.....	65
<u>Tableau XVIII</u> : Evolution de l'indice Poids/taille, Protocole farine-poisson...	66
<u>Tableau XIX</u> : Indice Poids/taille, Protocole farine-spiruline.....	67
<u>Tableau XX</u> : Evolution de l'indice Poids/âge, Protocole farine seule.....	71
<u>Tableau XXI</u> : Evolution de l'indice Poids/âge, Protocole farine-poisson.....	71
<u>Tableau XXII</u> : Evolution de l'indice Poids/âge, Protocole farine-spiruline.....	72
<u>Tableau XXIII</u> : Evolution de l'indice Taille/âge, Protocole farine seule.....	75
<u>Tableau XXIV</u> : Evolution de l'indice Taille/âge, Protocole farine-poisson.....	76

<u>Tableau XXV</u> : Evolution de l'indice Taille/âge, Protocole farine-spiruline.....	76
<u>Tableau XXVI</u> : Evolution de l'indice Poids/âge, tous protocoles confondus...	78
<u>Tableau XXIX</u> : Evolution de l'indice Taille/âge, tous protocoles confondus...	79
<u>Tableau XXX</u> : Evolution de l'indice Poids/taille, tous protocoles confondus...	80
<u>Tableau XXXI</u> : Evolution de l'indice Poids/âge, en fonction de la tranche d'âge.....	81
<u>Tableau XXXII</u> : Evolution de l'indice Taille/âge, en fonction de la tranche d'âge.....	82
<u>Tableau XXXIII</u> : Evolution de l'indice Poids/âge, en fonction de la tranche d'âge.....	83
<u>Tableau XXXIV</u> : Symptômes rencontrés.....	88

Liste des photos et figures.

<u>Photos</u>	Pages
Photo 1 : Faim et dénutrition	16
Photo 2 : Enfants atteints de marasme.....	22
Photo 3 : Enfant atteint de kwashiorkor.....	24
Photo 4 : Structure de la spiruline.....	31
Photo 5 : Préparation de bouillie enrichie.....	46
Photo 6 : Mesure d'un enfant en cours.....	50
<u>Figures</u>	
Figure 1 : Cadre opérationnel du PSNAN.....	6
Figure 2 : Carte de la malnutrition.....	9
Figure 3 : Carte géographique de Sabalibougou.....	39
Figure 4 : Carte sanitaire de Sabalibougou.....	41
Figure 5 : Répartition de l'échantillon en fonction du sexe.....	55
Figure 6 : Répartition de l'échantillon en fonction de l'alimentation de complément.....	56
Figure 7 : Evolution de l'émaciation, protocole farine seule.....	65
Figure 8 : Evolution de l'émaciation, protocole farine-poisson.	66
Figure 9 : Evolution de l'émaciation, protocole farine-spiruline.....	67
Figure 10 : Evolution de l'émaciation sévère en fonction des protocoles.....	68
Figure 11: Evolution de l'émaciation modérée en fonction des protocoles.....	69
Figure 12 : Evolution du risque d'émaciation en fonction des protocoles.....	70
Figure 13 : Evolution de l'insuffisance pondérale sévère en fonction des protocoles.....	73
Figure 14 : Evolution de l'insuffisance pondérale modérée en fonction des protocoles.....	74
Figure 15 : Evolution du risque d'insuffisance pondérale modérée en fonction des protocoles.....	74
Figure 16 : Prise de poids en fonction du protocole.....	77
Figure 17: Allongement en fonction du protocole.....	77
Figure 18 : Croissance staturale en fonction du protocole.....	78
Figure 19 : Evolution du statut anémique en fonction du protocole.....	84
Figure 20 : Evolution du statut anémique en fonction du sexe.....	85
Figure 21: Evolution du statut anémique en fonction de la tranche d'âge.....	86
Figure 22 : Quantité moyenne de bouillie ingérée en fonction du protocole.....	87

Liste des abréviations

UNICEF	: « United Nations Children Fund », Fonds des Nations Unies pour l'Enfance.
FAO	: « Food and Agriculture Organization of the United Nations », Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation (FAO).
OMS	: Organisation Mondiale pour la Santé.
HKI	: Helen Keller International.
PSNAN	: Plan Stratégique National pour l'Alimentation et la Nutrition.
MC	: Malnutrition Chronique.
IP	: Insuffisance pondérale.
MC	: Malnutrition Chronique.
AA	: Acide Aminé.
AAE	: Acide Aminé Essentiel.
UCODAL	: Unité de transformation et de Conditionnement de Denrées Alimentaires.
P/T	: indice Poids pour taille.
T/A	: indice taille pour âge.
P/A	: indice Poids pour âge.
NCHS	: National Centers for Health Statistics.
ET	: écart-type.
MPE	: malnutrition Protéino-Energétique.
MPC	: Malnutrition Protéino-Calorique.
RTH	: Road To Health.
TACAM	: Table Alimentaire de Composition des Aliments du Mali.
ASACO	: Association de Santé Communautaire.

SOMMAIRE

Pages

1. Introduction.....	1
2. Hypothèse de recherche et objectifs.....	4
3. Généralités.....	5
4. Méthodologie.....	38
5. Résultats.....	53
6. Commentaires et discussion.....	89
7. Conclusion et recommandations.....	97
8. Bibliographie.....	99
9. Annexes.....	106

1. Introduction.

« Chaque minute, environ 10 enfants malnutris meurent (soit près de 5 millions d'enfants malnutris chaque année) » (1).

La malnutrition est aujourd'hui à l'origine de 53% de décès d'enfants de moins de 5 ans (2) malgré les efforts déployés par les organismes internationaux comme l'OMS, la FAO, l'UNICEF, et les gouvernements concernés. Elle touche plus de 143 millions d'enfants de moins de 5 ans dans le monde, dont 20 millions souffrent de malnutrition aiguë sévère (1).

Selon les estimations de la FAO en 2008, le nombre de personnes sous-alimentées dans le monde était de 963 millions. Au total, il s'agit de 9 millions de personnes qui meurent par an de faim (3), dans le désespoir total, d'une mort atroce et lente...

La pauvreté croissante dans les Pays en Voie de Développement a aggravé la malnutrition, la couche la plus vulnérable étant précisément celle des enfants de 6 à 59 mois. Dans le monde, 178 millions d'enfants de moins de 5 ans sont concernés (4). Les chiffres témoignent de l'ampleur du problème : dans les pays en développement, 32% des enfants de moins de 5 ans accusent un retard de croissance en raison de la malnutrition chronique (46% en Asie du sud, 38% en Afrique subsaharienne, 25% au Moyen-Orient et en Afrique du Nord) (5).

Au Mali, d'après les données de la quatrième Enquête Démographique de Santé, environ 300 000 enfants souffrent de la malnutrition aiguë chaque année, parmi lesquels 100 000 présentent la forme de malnutrition aiguë sévère (6).

Une autre maladie d'origine nutritionnelle, l'anémie ferriprive sévit : largement répandue, elle toucherait sur le plan mondial plus de 1,7 milliard de personnes selon la FAO (5), L'EDSM IV (6) l'a chiffrée à 81% chez les enfants de 6 à 59 mois.

Malheureusement chez l'enfant en bas âge, la malnutrition, aussi bien que l'anémie peuvent provoquer des dommages irréversibles bien qu'évitables, tant sur le développement physique (retard statural), que mental (retard mental) et affecter définitivement l'avenir de ces enfants malnutris, lorsqu'ils réussissent à survivre.

Parmi les carences les plus fréquentes en micronutriments, la carence en fer figure en tête de file et constitue une des premières causes d'anémie (par carence martiale).

La disproportion des séquelles engendrées par ces maladies nutritionnelles chez les enfants, et la lourdeur des conséquences économiques qui en découlent (7), imposent l'adoption urgente de solutions locales, abordables et pérennes. La lutte contre la

malnutrition s'impose alors de façon logique comme une priorité en Santé Publique : l'objectif est de réduire rapidement la morbidité et la mortalité y afférant dans les populations vulnérables notamment les femmes en âge de procréer et les enfants de 6 à 59 mois).

A la faveur de cette lutte, de nombreux compléments alimentaires pour renutrition ont vu le jour, parmi lesquels, les farines enrichies, les pâtes alimentaires, et aussi la spiruline qui a été redécouverte (8). Il s'agit de produits fabriqués à partir d'aliments locaux, ou dans le cas de la spiruline, récoltés localement, et accessibles à la population comme recommandé par la FAO (9).

La crise alimentaire mondiale, aggravée par la crise financière et économique touche de plein fouet tous les Pays en Voie de Développement. Elle s'y trouve accentuée par la pauvreté, l'ignorance et le chômage, l'insécurité alimentaire caractéristique des situations structurelles, situations de conflits ou de catastrophes naturelles. C'est ainsi qu'en 2008, plusieurs émeutes contre la faim ont éclaté dans les PVD pour manifester contre la hausse des prix.

N'échappant pas à la règle, Bamako assiste à une émergence silencieuse de « foyers de malnutrition » au niveau des quartiers périphériques, la tranche d'âge la plus vulnérable étant celle des enfants de 6 à 59 mois (6). Au Mali, la prévalence de la malnutrition aiguë a été évaluée à 15% sur l'ensemble du territoire par l'EDSM IV, dépassant largement le seuil critique fixé à 10% par la classification de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). **Le Mali doit donc être considéré comme un pays en situation d'urgence sur le plan nutritionnel.** Cependant, la majorité des décès d'enfants imputables à la malnutrition serait « simplement » évitable par une récupération nutritionnelle et prévenue par une alimentation adéquate.

Le défi à relever est d'envergure vu que le premier des objectifs du millénaire pour le développement (10) est de réduire de moitié les décès liés à la malnutrition d'ici 2015. Face à la pénurie alimentaire chronique dans les PVD, la FAO, l'OMS, et l'UNICEF ont promu l'émergence de ressources alimentaires non conventionnelles. La spiruline, micro-algue bleue, a ainsi été adoptée pour ses qualités nutritionnelles exceptionnelles comme complément protéique d'une alimentation suffisamment énergétique (11).

Cependant, les avis et études sur l'efficacité de cette algue dans la lutte contre la malnutrition sont partagés (12).

L'utilisation de la spiruline comme solution naturelle et locale dans notre étude pour améliorer le statut nutritionnel des jeunes enfants, permettra de vérifier son efficacité à récupérer des enfants malnutris et anémiés par carence en fer. La production de la spiruline pourrait s'inscrire dans l'objectif de lutte contre la malnutrition, de façon peu

onéreuse, et en même temps contre la mortalité et morbidité en découlant. Un autre volet serait de cultiver la spiruline dans le but de lutter contre la pauvreté.

La spiruline pourra-t-elle être utilisée dans les programmes de lutte contre la malnutrition, et les anémies ferriprives chez les enfants de moins de 5 ans?

Notre étude consiste à vérifier cette hypothèse. Nous procéderons à :

- une récupération nutritionnelle aux moyens de farines additionnées ou non de spiruline locale, pendant une période de soixante jours chez trois cohortes d'enfants de 6 à 59 mois malnutris du quartier de Sabalibougou.
- Une comparaison de l'impact de la récupération nutritionnelle avec et sans spiruline en mesurant la réduction de la malnutrition et de l'anémie ferriprive.
- Et une détermination de l'efficacité de la spiruline dans la lutte contre la malnutrition et les anémies ferriprives chez des populations cibles.

2. Hypothèse de recherche et objectifs.

2.1. Hypothèse de recherche

La consommation de la spiruline au cours d'une récupération nutritionnelle, améliore-t-elle le statut nutritionnel et l'anémie chez des enfants de 6 à 59 mois ?

2.2. Objectifs

2.2.1. Objectif principal

L'objectif principal est de tester l'efficacité d'une récupération nutritionnelle à base de spiruline en tant que supplément naturel multi-vitaminique et multi-microéléments dans des farines infantiles chez des enfants de 0 à 59 mois malnutris à Sabalibougou.

2.2.2. Objectifs spécifiques

- Décrire l'évolution des indices anthropométriques et hématologiques chez des enfants de 6 à 59 mois malnutris à Sabalibougou.
- Mesurer l'impact de la spiruline et du poisson dans les farines infantiles sur l'évolution des indices anthropométriques et l'anémie chez des enfants de 6 à 59 mois malnutris à Sabalibougou.
- Comparer l'effet de la spiruline sur la réduction de la malnutrition et de l'anémie avec des protocoles basés sur la farine infantile combinée à de la spiruline ou du poisson chez des enfants de 6 à 59 mois malnutris à Sabalibougou.

3. Généralités

3.1. Politique nationale en Nutrition : le Plan Stratégique

National pour l'Alimentation et la Nutrition (PSNAN).

Au Mali, la malnutrition contribue à 53% de la mortalité infanto-juvénile (2). Face à l'ampleur de cette situation, le Plan National pour l'Alimentation et la Nutrition (1998-2002) a été élaboré. Sa révision a abouti au Plan Stratégique National pour l'Alimentation et la Nutrition (PSNAN), pour la période de 2005 à 2009.

Le PSNAN (13) est un document de Politique Nationale en matière d'alimentation et de nutrition. Il est fondé sur les principes d'équité, de décentralisation, de partenariat et de pérennité. L'objectif général du PSNAN vise à améliorer la cohérence et l'efficacité des politiques et programmes ayant un impact direct ou indirect sur l'alimentation et la nutrition des populations en vue de réduire la mortalité.

La Politique Nationale cible en nutrition les enfants de 0 à 59 mois, les femmes enceintes, les femmes allaitantes et les personnes vivant avec le VIH/SIDA et la Tuberculose.

Le PSNAN prend en compte l'ensemble des facteurs et des interventions existantes et établit des principes directeurs à suivre pour l'ensemble des acteurs, indépendamment de leur secteur. Il est fondé sur l'approche composante afin de prendre en compte l'ensemble des intervenants dans le secteur. Les 8 composantes du PSNAN sont :

- **La Composante 1** se réfère à la **disponibilité alimentaire** et donc à la capacité du pays à mettre à la disposition des populations de façon permanente les aliments de base ;
- **La Composante 2** se réfère à l'**accessibilité alimentaire** et renseigne sur la capacité des ménages à couvrir leurs besoins alimentaires et nutritionnels ;
- La Composante 3** se réfère à l'importance de l'**éducation** et ses relations avec l'état nutritionnel. Les trois premières composantes constituent le pilier de la sécurité alimentaire ;
- **La Composante 4** traite les **parasitoses et contaminations des aliments et de l'eau** comme déterminants de la situation nutritionnelle ;
- **La Composante 5** vise l'amélioration des pratiques de **récupération nutritionnelle** des enfants malnutris ;

- **La Composante 6** se réfère à la **promotion nutritionnelle** à travers des stratégies préventives d'amélioration des comportements et de pratiques d'alimentation et l'adoption des modes de vie sains ;
- **La Composante 7** se réfère à la lutte contre les **carences en micronutriments** (vitamine A, Fer, Iode, Zinc) et l'anémie ;
- **La Composante 8** se réfère à la prévention et la gestion des **urgences alimentaires et nutritionnelles**.

Le cadre opérationnel pour une approche pragmatique des interventions en alimentation et nutrition peut se résumer en 8 composantes tel que schématisé ci-dessous (14):

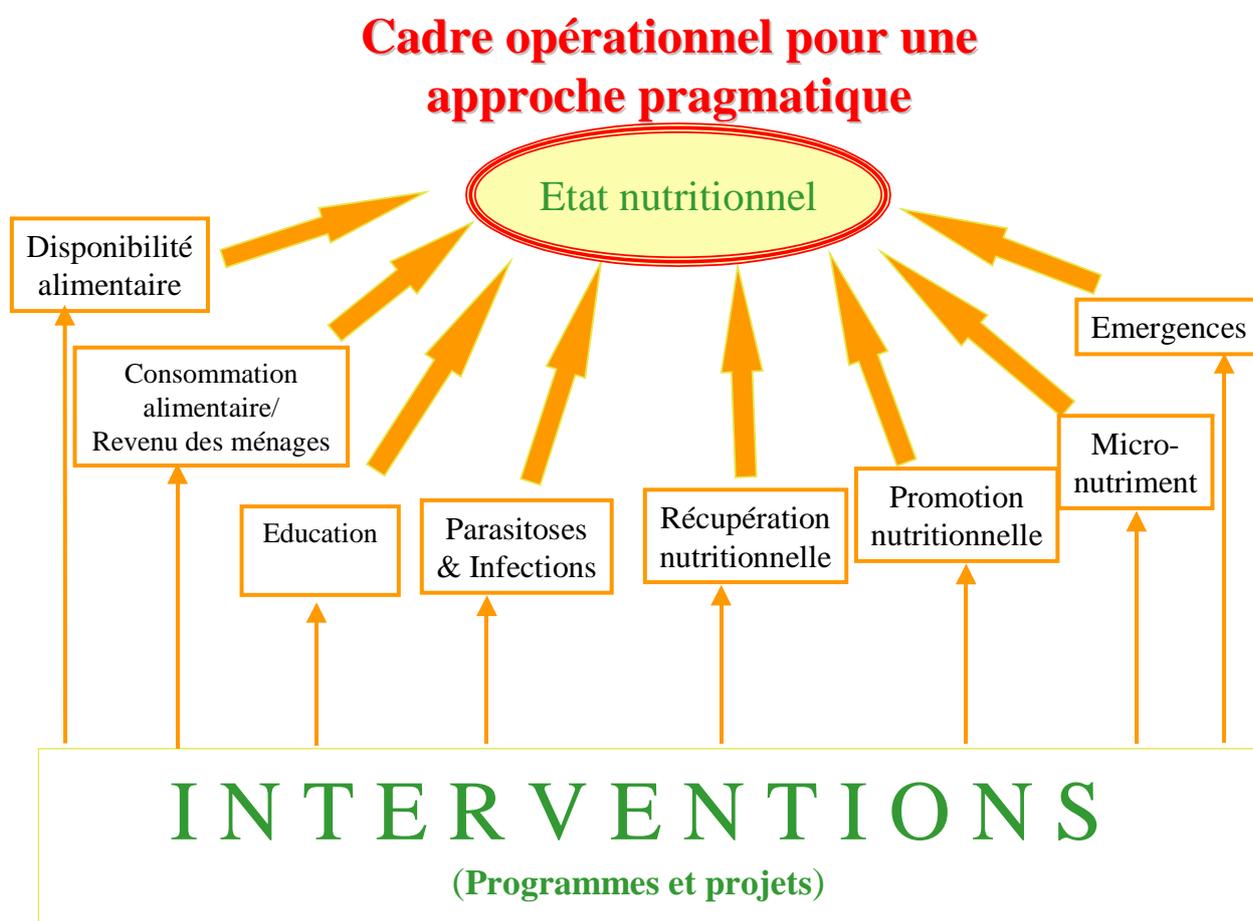


Figure 1 : Cadre opérationnel du PSNAN.

Le PSNAN se définit comme un cadre stratégique dont les objectifs et les stratégies des huit composantes sont détaillés. Les activités décrites par stratégie sont données

pour faciliter par la suite l'élaboration des plans sectoriels. Il prend en compte les mécanismes de mise en œuvre, de coordination et de suivi-évaluation.

Définition.

3.1.1. La Nutrition.

L'Organisation Mondiale des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) a donné la définition suivante : « la nutrition humaine est la discipline scientifique qui s'occupe de la nutrition de l'homme en particulier, elle traite des besoins nutritionnels, de la composition des aliments, de la consommation et des habitudes alimentaires, de la valeur nutritive des aliments, et des rapports entre l'alimentation et la santé et les maladies, ainsi que des recherches dans ces domaines (15).

La nutrition est la science qui traite de la composition des substances alimentaires et des phénomènes biologiques par lesquels l'organisme humain tire des aliments les substances nutritives dont il a besoin et les utilise pour son maintien, sa croissance et son développement harmonieux (16).

C'est aussi l'ensemble des processus de transformation et d'assimilation des aliments dans l'organisme (17).

3.1.2. Les aliments.

L'aliment est une substance en général naturelle, du règne végétal ou animal, utilisée pour nourrir l'organisme.

Les aliments peuvent être classés en fonction de :

- leur origine : animale, végétale ou minérale,
- leur composition chimique : glucides, lipides, protides
- des rôles et fonctions :
 - énergétiques, il s'agit des aliments riches en glucides et lipides,
 - constructifs, ce sont les aliments riches en protéines,
 - protecteurs (concerne les aliments à forte teneur en vitamines et sels minéraux).

3.1.3. L'alimentation.

L'alimentation désigne le processus par lequel les aliments sont introduits dans l'organisme. L'alimentation permet aussi de calmer la sensation de faim.

3.1.4. La ration alimentaire.

La ration alimentaire d'un individu est la quantité d'aliment ou nourriture qu'il doit consommer quotidiennement pour assurer sa croissance normale ou pour maintenir son poids et son état de santé. C'est la quantité d'aliments qu'il lui faut pour satisfaire tous ses besoins nutritionnels courants, c'est-à-dire assurer :

- Son développement harmonieux ;
- Le développement et l'entretien des organes vitaux (cœur, reins, poumons, foie, etc. ;
- Les synthèses organiques (synthèse des antigènes pour la défense immunitaire, les synthèses des autres protéines telles que les enzymes, etc.) ;
- La protection des agressions extérieures ;
- L'exécution de ses activités courantes.

La ration est déterminée pour une période donnée, par jour, par semaine, ou par mois. Elle doit également être équilibrée pour apporter les substances nutritives dans des proportions convenables pour le bon fonctionnement de l'organisme. Pour cela, l'énergie qu'apporte la ration alimentaire doit être d'origine glucidique pour 60 à 70%, lipidique pour 12 à 18%, et protéinique pour 10 à 15%. Chez le nourrisson, 15 à 20% de protéines sont nécessaires.

3.1.5. Le régime alimentaire

Le régime alimentaire peut être défini comme étant la qualité de la nourriture spéciale que l'individu doit manger en tenant compte d'une situation particulière : état de santé, activités, habitudes alimentaires et moyens.

Les objectifs des régimes sont très variables. Il existe par exemple des régimes pour réguler des désordres physiologiques, des régimes pour diabétiques, des régimes amincissant, régimes grossissant, etc.

3.2. Composition des aliments.

3.2.1. Les glucides.

Les glucides sont encore appelés hydrates de carbone ou sucres. Au point de vue chimiques ils peuvent être définis comme des polyhydroxy-aldéhydes ou des

polyhydroxy-cétones et dérivés, ou des polymères de ces composés. Ils constituent un groupe de composés très importants. Certains représentent une source d'énergie pour les organismes vivants, soit sous forme directement assimilable (glucose), soit sous forme de réserve (amidon, glycogène). D'autres ont un rôle structural (exemple : la cellulose, la chitine, l'acide hyaluronique), et d'autres un rôle biologique comme celui de signal de reconnaissance (glycannes des glycoprotéines et des glycolipides) (18).

Les glucides jouent un rôle essentiellement énergétique : 1 gramme de glucides fournit 4 Kilocalories. Les glucides fournissent l'énergie nécessaire au fonctionnement courant de l'organisme et aux activités physiques et intellectuelles.

On trouve les glucides dans les céréales, les racines ou les tubercules, dans les fruits, et le sucre. Les glucides constituent la source de calories la moins chère, et fournissent 50% ou plus des calories de la plupart des régimes (19).

3.2.2. Les lipides.

Les lipides constituent un groupe de composés très hétérogènes, dont les structures sont très différentes. Ils comportent dans leur structure une chaîne aliphatique d'au moins 8 atomes de carbone. Seul l'acide butyrique possède 4 atomes de carbone. Le terme graisse désigne des mélanges de lipides respectivement solides, ou liquides (huile d'arachide).

Les lipides apportent à l'organisme beaucoup d'énergie sous forme de petit volume. Ils remplissent le même rôle énergétique que les glucides. Ce sont les aliments dont le rendement énergétique est le plus élevé, mais aussi c'est la forme la plus chère (19).

1 gramme de lipides libère lors de la digestion 9 Kilocalories.

On trouve les lipides dans les huiles et graisses végétales (par exemple à partir des noix de karité, des grains d'arachide, graines de sésame, etc.), ou animales (dans le beurre, le fromage, la viande, le poisson).

Le caractère indispensable des lipides est lié à plusieurs de leurs fonctions biologiques dont (20) :

- Leur intégration dans les phospholipides membranaires qui confèrent aux membranes de toutes les cellules leur fonctionnalité ;
- Leur rôle de précurseur pour la synthèse des médiateurs des prostaglandines, thromboxanes et leucotriènes ;
- La formation de triglycérides sanguins, le développement du système nerveux la fonction épidermique, le système immunitaire et la réponse inflammatoire ;

- La fonction spécifique de régulation de l'expression des gènes en relation avec les apports nutritionnels et/ou des stades de la différenciation cellulaire.

Chez le nouveau-né et les très jeunes enfants, la carence en acides gras essentiels se caractérise par un retard de développement du système nerveux. Cela se traduit par une croissance ralentie, des capacités d'apprentissage réduites et des troubles de la vision par atteinte de la fonction rétinienne (20).

3.2.3. Les protides ou protéines.

Les protéines sont des constituants extrêmement importants des cellules vivantes, tant au point quantitatif que qualitatif (18).

Elles sont formées de longues chaînes polypeptidiques qui sont des enchaînements d'acides aminés. On distingue 20 acides aminés, dont 9 sont indispensables, c'est-à-dire non synthétisés par l'organisme (20). Ces derniers sont encore appelés acides aminés essentiels (AAE). Ils sont obligatoirement fournis par l'alimentation. Ce sont : la leucine, l'isoleucine, la thréonine, la lysine, le tryptophane, la phénylalanine, la valine, méthionine. Chez les enfants, un neuvième acide aminé essentiel est l'histidine (20)

Les protéines jouent essentiellement un rôle de construction. Les protéines permettent la formation des tissus et la réparation, le renouvellement des tissus vieillissants, des cellules ou des liquides biologiques. Elles jouent un rôle clé dans la synthèse des immunoglobulines. Elles sont également nécessaires à la production d'enzymes, et à la synthèse d'hormones(20).

Pendant l'adolescence, elles fournissent les éléments nécessaires à la construction des tissus et des organes pour assurer la croissance.

Les protéines, en plus de leur rôle de construction, fournissent accessoirement de l'énergie : 1gramme de protides produit 4 Kilocalories, c'est-à-dire autant d'énergie qu'un gramme de glucides.

Les protéines peuvent être d'origine animale, on les appelle protéines complètes car elles contiennent tous les acides aminés dans les proportions à peu près requises pour la synthèse protéique et les autres utilisations de l'organisme. Les protéines animales sont mieux assimilables que les protéines végétales (16).

Les protéines d'origine végétale sont dites incomplètes car elles sont toutes déficientes en un ou plusieurs acides aminés. L'AAE faisant défaut s'appelle facteur limitant. Il limite l'utilisation des autres acides aminés. (20) d'où la nécessité d'avoir une alimentation variée surtout lorsqu'elle est pauvre en protéines animales.

Or généralement dans les PVD, l'apport protéique, très faible, est surtout d'origine végétale car les protéines animales coûtent beaucoup plus cher. Or les protéines de céréales sont généralement pauvres en lysine, celles des légumineuses pauvres en

acides aminés soufrés (méthionine). Les protéines animales par contre, sont généralement riches en acides aminés indispensables et présentent une meilleure digestibilité que celles des protéines végétales (21).

On retrouve les protéines en grande quantité :

- dans les aliments d'origine animale tels que les viandes, le poisson, les œufs, les volailles, le lait, le fromage etc.
- dans les aliments d'origine végétale tels que les haricots, les petit pois, les pois chiches, les arachides, les lentilles, le soja, etc.

Les infections induisent une perte d'azote de l'organisme qui doit être compensée par un apport protéique alimentaire. Les personnes malades ont donc des besoins protéiques plus élevés. Cet aspect est d'autant plus important que les enfants malnutris sont très vulnérables et sujets à de nombreux épisodes de maladies infectieuses.

3.2.4. Les sels minéraux et oligo-éléments.

On trouve des oligo-éléments dans l'alimentation, l'organisme ne pouvant pas les synthétiser.

Les oligo-éléments sont des éléments minéraux purs, nécessaires à la vie d'un organisme, mais en quantités très faibles (18).

Ce sont des ions métalliques indispensables à l'activité d'un nombre considérable d'enzymes appelés métallo-enzymes. Ces cations ou oligoéléments sont fournis à la cellule qui utilise le métallo-enzyme par l'alimentation.

Le zinc est le cation le plus fréquemment rencontré chez les métallo-enzymes. Il est nécessaire à l'activité de l'anhydrase carbonique, la carboxypeptidase, et de nombreux autres enzymes. D'autres enzymes nécessitent pour leur activité les ions magnésium, calcium, ou même les ions sodium ou potassium.

Les métallo-enzymes qui contiennent du fer ou du cuivre dans le site actif sont souvent utilisés pour la catalyse de processus d'oxydoréduction (de respiration) (18),

Chez l'être humain, les principaux oligo-éléments sont : le Chrome, le Cobalt, le Cuivre , l'Etain, le Fer, le Fluor, l'Hydrogène, l'Iode, le Manganèse, le Sélénium, le Molybdène, le Sélénium, le Vanadium, le Zinc.

D'autres éléments essentiels à la vie sont le potassium, le magnésium et le chlore. Comme leurs besoins sont plus élevés, ils ne sont plus considérés comme des oligo-éléments. Le sodium est nécessaire en grande quantité mais il est très courant dans l'alimentation (18).

Les besoins recommandés en minéraux et oligo-éléments sont récapitulés dans une table (voir Annexes).

3.2.5. Les vitamines

Les vitamines sont des molécules indispensables à la vie, à la santé ou à la croissance de l'organisme, qui ne peut les synthétiser en quantité suffisante. Ces molécules n'ont pas de valeur énergétique et doivent être absorbées quotidiennement à faible dose. On les classe en vitamines liposolubles (A , D , E ,K) et les vitamines hydrosolubles (B, C, PP) (voir Annexes).

3.2.6. Classification des aliments selon leur rôle dans l'organisme.

3.2.6.1. Les aliments de construction : les protéines.

Ce sont les protéines. Elles fournissent (16) à l'organisme les éléments nécessaires à la construction des tissus et des organes pour assurer la croissance pendant l'enfance et l'adolescence.

Les protéines sont d'origine soit animale, soit végétale voir paragraphe (3.3.3).

3.2.6.2. Les aliments énergétiques : les glucides et les lipides.

L'énergie utilisée par notre organisme est obtenue essentiellement par l'oxydation des glucides et des lipides et, accessoirement, des protéines par l'oxygène de l'air. Au niveau fondamental, l'oxydation peut s'exprimer de trois manières (22) :

- Par fixation d'oxygène,
- Par départ d'hydrogène,
- Par perte d'électron.

Le schéma de la réaction d'oxydation est globalement le suivant (23):

[Glucides, lipides ou protéines] + oxygène → gaz carbonique + eau +
produits de dégradation + **Energie.**

Le gaz carbonique est rejeté par les poumons, l'eau est rejetée dans les urines, la sueur, dans l'air expiré; les produits de dégradation sont utilisés par l'organisme ou éliminés dans les urines. C'est ainsi que ces nutriments fournissent à l'organisme l'énergie dont il a besoin pour fonctionner normalement par transformation.

L'énergie libérée est chimique : son unité de mesure est la calorie. La calorie (cal) est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré Celsius, la température d'un gramme d'eau. La kilocalorie est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré Celsius la température d'un litre d'eau.

Respectivement, les nutriments fournissent de l'énergie selon les rapports suivants:

- 1 gramme de glucide libère 4 calories

- 1 gramme de lipides a une valeur énergétique de 9 calories.
- 1 gramme de protides fournit 4 calories. Dans les situations extrêmes (dénutrition) où les glucides et lipides ne sont plus disponibles, les protides seront utilisés. On assiste à une fonte musculaire.

3.2.6.3. Les aliments de protection.

Ce sont les sels minéraux et les vitamines. Leur rôle essentiel est d'assurer la protection contre les différentes maladies entre autres les maladies infectieuses

Ils interviennent également dans l'organisme au niveau de :

- La formation des globules rouges (cas du fer), des enzymes pour lesquels ils constituent la partie active,
- La synthèse des hormones thyroïdiennes (cas de l'iode),
- La formation des os (cas du calcium), etc.

3.2.6.4. Les aliments de régulation (16).

Il s'agit de l'eau, des boissons et des fibres.

L'eau joue un rôle indispensable dans l'alimentation humaine. L'eau véhicule toutes les substances nutritives vers nos cellules et en évacue tous les déchets. Les besoins journaliers en eau dans les conditions normales pour un adulte sont de 2 litres dont la moitié provient de l'alimentation solide. L'eau constitue 70 à 80 % de la masse du corps humain. Ces besoins en eau varient selon l'état physiologique, le climat et la déperdition de l'organisme (exemple diarrhées) et permettent d'éviter une déshydratation.

Les fibres (polymères d'oses) jouent un rôle important dans l'alimentation par leur pouvoir de rétention de l'eau, facilitant ainsi l'hydratation cellulaire. Les aliments riches en fibres sont les légumes et les feuilles vertes (salades, et le son des céréales etc.).

3.2.6.5. La digestion.

La digestion des aliments commence dès leur introduction dans l'organisme. Après un premier broyage des aliments dans la bouche par mastication, le bol alimentaire est ensuite broyé par l'estomac. Tout au long du tractus digestif, il est soumis à l'action enzymatique des sucs digestifs qui ont pour rôle de digérer les aliments en microparticules qui sont les micronutriments.

Le système gastro-intestinal est la voie empruntée par les nutriments, les vitamines, les éléments minéraux et les liquides pour pénétrer dans l'organisme. La digestion des principaux constituants alimentaires est un processus ordonné qui met en œuvre un

grand nombre d'enzymes digestives, certaines se trouvant dans les glandes salivaires, de l'estomac, de la portion exocrine du pancréas, mais aussi dans les membranes des cellules de la lumière de l'intestin grêle. La digestion des graisses, des protéines et des hydrates de carbone complexes, produit des fragments absorbables principalement dans le grêle. Les produits de la digestion (19) les vitamines, les minéraux, les liquides, traversent la muqueuse de l'estomac et des intestins, puis gagnent le sang ou la lymphe : c'est le processus d'absorption.

3.2.7. Les besoins nutritionnels.

Les besoins nutritionnels d'un individu (**16**) correspondent à la quantité journalière moyenne de nutriments nécessaire au maintien d'un bon état de santé physique et psychique, tout en tenant compte de son état physiologique, de son sexe, de son poids, de son âge, de son environnement et de son état physique.

Le développement harmonieux de l'organisme repose donc sur une alimentation suffisante, équilibrée, variée et saine. Les besoins nutritionnels de l'organisme peuvent être classés en deux grandes catégories :

- les besoins quantitatifs et
- les besoins qualitatifs qui sont les besoins de construction, les besoins énergétiques, besoins de protection et de régulation.

3.2.7.1. Les besoins quantitatifs

Les besoins quantitatifs sont les calories (l'énergie) qui doit être apportée par l'alimentation chaque jour à l'organisme.

L'organisme a besoin de cette énergie pour :

- le métabolisme de base qui assure le fonctionnement des principaux organes. C'est un minimum d'énergie qui doit être fourni.
- pour le travail musculaire, l'assimilation des aliments, la régulation de la température du corps, l'édification des nouveaux tissus, la gestation, et la lactation.

Les besoins en cas d'activité modérée ont été récapitulés selon le tableau suivant de la FAO 1973 (27). Pour les enfants, les données suivantes :

Tableau I : Les besoins énergétiques (FAO).

Energie Age	Quantité journalière (kcal/jr)
Moins d'un an	820
1-3 ans	1360
4-6 ans	1830

7-9 ans

2190

Les besoins en énergie varient suivant la taille, le poids, le sexe, et l'état physiologique (grossesse, allaitement) et l'activité physique.

3.2.7.2. Besoins qualitatifs.

On distingue trois types de besoins qualitatifs de l'organisme :

- **Les besoins énergétiques**, satisfaits par les glucides essentiellement, les lipides ;
- **Les besoins de construction**, satisfaits par les protides ;
- **Les besoins de protection et de régulation**, assurés par les vitamines, les oligoéléments et les sels minéraux.

Un équilibre entre les trois catégories de nutriments est nécessaire pour le maintien de l'organisme en bonne santé. Ainsi, la ration alimentaire doit être d'origine glucidique (65 à 70%), lipidique (12 à 18 %), protéiniques (10 à 15%).

Dans une alimentation équilibrée, la quantité de protéines (1 à 3 g/kg et par jour selon l'âge et la circonstance) doit être pour un quart au moins d'origine animale (viande, lait, poisson, œufs) et le reste d'origine végétale (céréales, légumineuses, légumes, fruits). Chez le nourrisson, 15 à 20% de protéines sont nécessaires.

3.2.7.3. Les besoins spécifiques

Les besoins énergétiques de l'organisme varient en fonction de plusieurs facteurs :

- **L'âge :**
 - 45 kcal/kg de poids corporel/jour chez l'homme adulte.
 - un enfant de 1 à 3 ans a besoin d'environ 100 kcal/kg de poids corporel/jour. Les besoins énergétiques de l'enfant par kilogramme de poids corporel sont donc deux fois plus élevés que ceux de l'adulte ;
- **Le sexe :** 45 kcal/kg de poids corporel/jour chez l'homme adulte modérément actif contre 40 kcal/ kg de poids corporel/ jour chez la femme adulte modérément active ;
- **L'état physiologique chez la femme :**
En l'absence de grossesse, la femme a besoin en moyenne de 2 140 kcal /j, une femme allaitante a besoin de 480 Kcal en plus, et une femme enceinte de 280 Kcal supplémentaires ;
- **L'activité musculaire :** Les besoins énergétiques d'un homme qui fait travail musculaire lourd (bûcheron, porteur ou paysan pendant la récolte) sont deux

fois plus élevés que ceux d'un homme faisant des travaux sédentaires (employé de bureau, gardien).

3.2.7.4. Maladies nutritionnelles.

Si les besoins nutritionnels de l'organisme ne sont pas satisfaits, il peut en résulter des maladies nutritionnelles variées, notamment :

- La malnutrition protéino-énergétique ;
- Le marasme : en cas d'apport énergétique très insuffisant ;
- Le kwashiorkor : en cas de carence en protéines ;
- Le goitre endémique : en cas de carence en iode ;
- L'avitaminose A : en cas de carence en vitamine A.
- Les anémies : en cas carence en fer ou en acide folique.

3.3. Faim et dénutrition.

Photo 1 : Faim et dénutrition



www.wikio.fr/.../onu/fao/jacques_diouf

3.3.1. La faim.

La faim (25) est un signal physiologique, une sensation gênante, pénible, voire même douloureuse et permanente qui alerte que l'organisme manque d'énergie. Elle est provoquée par le manque, récurrent et involontaire, d'accès à des aliments en quantité suffisante. La faim découle principalement d'un manque d'apport calorique, mais pas forcément d'un manque de qualité de nourriture. Les vitamines ou protéines peuvent faire défaut sans provoquer de faim, mais elles induisent une dégradation lente de l'état de santé (26). L'apport des nutriments nécessaires est insuffisant pour pouvoir mener une vie productive, active et saine, ou autre possibilité, l'organisme est

incapable d'absorber ces nutriments. Il en résulte un comportement : la recherche de la nourriture (27).

Il est important de noter que le manque de protéines ou de vitamines ne déclenchent pas forcément de faim, ni d'autre signal physiologique, sauf une dégradation lente de la santé. Dans le court terme, la faim n'affecte pas l'activité mentale et physique (26). Il existe aussi différents degrés de gravité de la faim, que l'on mesure par exemple en observant dans quelles proportions les populations sont obligées de réduire leur consommation alimentaire journalière.

Elle présente plusieurs degrés de sévérité allant de la faim modérée à l'état clinique de dénutrition. La faim peut conduire à la malnutrition (25).

Les famines (28) se définissent généralement comme un manque aigu de nourriture affectant soit une zone géographique étendue soit un nombre significatif de personnes. Elles aboutissent à la mort par inanition d'une partie de la population après une phase de malnutrition grave, passant par l'inanition. L'inanition (28) est un état pathologique au cours duquel le défaut de nourriture met en jeu la vie du sujet et cause souvent sa mort.

Il est légitime de rappeler les aspects douloureux et silencieux que revêt la faim (28). Toutes les 5 secondes, un enfant de moins de 10 ans meurt de faim ou de ses suites immédiates. Toutes les 4 minutes une personne perd la vue par un manque de vitamine A. Ce sont 854 millions d'êtres gravement sous-alimentés et mutilés par la faim en permanence(30).

3.3.2. La dénutrition.

La dénutrition (25) est la conséquence de graves carences en un, ou plusieurs nutriments (protéines, lipides, glucides, vitamines, minéraux, ou eau). Dans certains cas, elle peut être causée par la maladie qui agit en réduisant l'appétit, en altérant le métabolisme, ou en créant des difficultés d'assimilation par le biais de pertes de nutriments (vomissements ou diarrhées).

3.4. Sous-alimentation.

La sous-alimentation (25) traduit une situation dans laquelle l'apport énergétique d'un individu est constamment inférieur au minimum requis pour lui permettre de mener une vie pleinement productive, active et saine.

La sous-alimentation ou sous-nutrition (25) fait référence à la situation des personnes dont l'apport énergétique alimentaire est en permanence inférieur au besoin énergétique alimentaire minimal pour mener une vie saine et pratiquer une activité physique modérée. D'après la FAO, ce besoin d'apport énergétique correspond à

environ 1900 calories. A moins de 1400 calories par jour, on parle d'extrême sous-alimentation et de faim chronique.

La sous-alimentation est déterminée par un indicateur indirect qui est la disponibilité des aliments en quantité suffisante pour couvrir les besoins énergétiques de la population.

3.5. La malnutrition.

3.5.1. Définitions.

La malnutrition se définit comme une nutrition inadéquate, causée par une suralimentation, une sous-alimentation ou un déséquilibre alimentaire. Ce terme est général, souvent utilisé à la place de dénutrition mais il s'applique également à la surnutrition. La malnutrition se manifeste par des problèmes physiologiques pouvant être dus à une carence persistante en calories, en protéines, et/ou en vitamines et en minéraux, ou au contraire à un excès persistant de ces apports au regard des besoins (25). Il s'agit d'un état pathologique provenant de l'usage prolongé d'une alimentation non équilibrée par carence en micronutriments (vitamines, minéraux, acides aminés essentiels).

L'OMS la définit comme « un état pathologique résultant de la carence ou de l'excès relatif ou absolu d'un ou de plusieurs nutriments essentiels, que cet état se manifeste cliniquement ou ne soit décelable que par des analyses biochimiques, anthropométriques ou physiologiques » (29).

Un organisme malnutri est déficitaire et ne peut alors plus assurer sa croissance, ni maintenir ses fonctions vitales. La malnutrition englobe donc toutes les formes de sous-alimentation ou de suralimentation, et/ou de carences persistantes en protéines, vitamines et minéraux (25).

Elle concerne donc également les Pays Développés ; elle résulte alors d'apports excessifs ou déséquilibrés de certains nutriments, et se trouve souvent combinée à des excès pondéraux.

Par contre, dans les Pays en Voie de Développement, elle est causée par la faible disponibilité des aliments de qualité. En Afrique, le problème principal concerne les carences alimentaires en énergie et en protéines.

3.5.2. Epidémiologie de la malnutrition.

La malnutrition, touche deux milliards de personnes (30 et 31), dont 143 millions d'enfants de moins de cinq ans (1). Elle sévit dans cette cible à un taux très élevé en Afrique et en Asie. Sa répartition est donnée par la carte suivante :

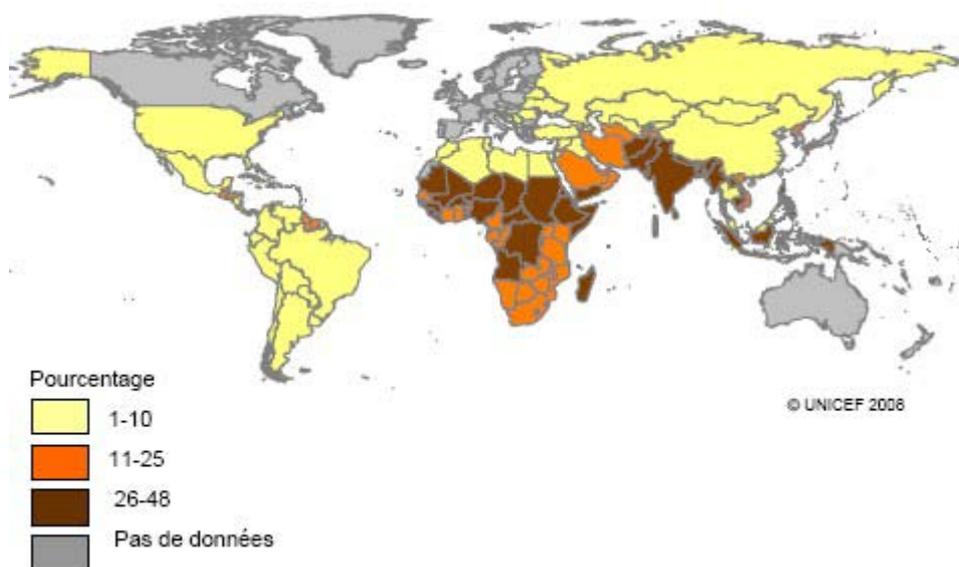


Figure 2 : Carte de la malnutrition des enfants de moins de 5 ans, (1)

3.5.3. Classifications de l'état nutritionnel.

L'OMS sépare les problèmes nutritionnels en 4 catégories parmi lesquelles, la Malnutrition Protéino-Energétique (MPE), les anémies nutritionnelles, l'avitaminose A, et les TDCI.

Les classifications sont basées sur une évaluation de l'état nutritionnel à l'aide de marqueurs anthropométriques, biologiques, et cliniques, immunologiques.

Les classifications de la malnutrition sont nombreuses :

- ❑ La classification de l'OMS qui est la plus utilisée (voir dans paragraphe 4.8.4),
- ❑ la classification « Road To Health » ou RTH,
- ❑ La classification selon le degré de sévérité,
- ❑ Et d'autres classifications, anciennes (32): la classification de Gomez, la classification de Wellcome et la classification de Waterlow.

3.5.3.1. Classification selon le degré de sévérité.

Autrefois appelée Malnutrition-Protéino Calorique (MPC), la Malnutrition ou Malnutrition Protéino-Energétique (MPE) représente l'ensemble des manifestations cliniques dues à un apport quantitatif et/ou qualitatif insuffisant, dans l'alimentation de substances nutritives nécessaires à la croissance normale et au bon fonctionnement de l'organisme.

La Malnutrition Protéino-Energétique est classée (33), en plusieurs catégories. On distingue 4 types de malnutrition :

- ✓ La malnutrition chronique (MC),
- ✓ L'insuffisance pondérale (IP),
- ✓ La malnutrition aiguë (MA), avec l'émaciation, et les états sévères tels que le marasme et le kwashiorkor.
- ✓ Les carences en micronutriments.

3.5.3.1.1. L'insuffisance pondérale (IP).

L'insuffisance pondérale indique une situation où le poids de l'enfant est faible comparé à celui d'un enfant du même âge qui est bien nourri (16). L'IP fait appel à l'indice poids/âge.

3.5.3.1.2. La malnutrition chronique (MC) ou retard de croissance

La Malnutrition chronique est due à une alimentation insuffisante en quantité et en qualité (présence ou absence de certains acides aminés, et de vitamines, ou du fer). Elle apparaît dans une période prolongée d'exposition à des carences ou insuffisances alimentaires, ou de malabsorption (maladies telles que diarrhées, vomissements). Elle résulte de nombreux facteurs résumés selon le schéma 1 (page 6). L'indicateur privilégié du retard de croissance est l'indice taille/âge.

Le retard de croissance se manifeste par un arrêt de la croissance (l'enfant est rabougri), une insuffisance de poids, ou perte de poids, courbe de poids stationnaire, un retard de croissance. A la faveur d'une maladie infectieuse (rougeole, diarrhée), la MC peut dégénérer et basculer dans un stade sévère qui est le kwashiorkor.

3.5.3.1.3. La Malnutrition Aiguë.

La malnutrition aiguë (MA) se décline en malnutrition aiguë modérée (MAM) et en malnutrition aiguë sévère (MAS) (33). Elle s'exprime en fonction de l'indice Poids/taille.

On parle de :

- MAS lorsque l'indice Poids/ taille est $< 70\%$ de la médiane ;
- MAM quand $70\% < \text{Poids /taille} < 80\%$ de la médiane.

Selon l'OMS, il y a

- Malnutrition Aiguë quand l'indice Poids/Taille (P/T) < -2 Z scores ;
- Malnutrition Aiguë Modérée (MAM) quand l'indice Poids/Taille (P/T) –est compris entre -3 et -2 Z scores ;

- Malnutrition Aiguë Sévère (MAS) quand le rapport Poids/Taille (P/T) est inférieur à -3 Z scores, et/ou avec présence d'œdèmes.
C'est la classification que nous avons utilisée.

La MAS apparaît dans une période de temps très courte. Selon les manifestations cliniques, on distingue dans la MAS le marasme et le kwashiorkor. Ces deux types peuvent dans certains cas, être associés.

Physiopathologiques de la Malnutrition aiguë (34) :

Dans un organisme sévèrement malnutri, tous les processus vitaux permettant le maintien de l'équilibre physiologique sont altérés. L'enfant malnutri présente des modifications à tous les niveaux :

- On constate une diminution de la masse corporelle,
- Une diminution des besoins nutritionnels par unité de masse corporelle,
- Une diminution de l'activité,
- Une modification physiologique et métabolique. Elle consiste en une :
 - Réduction du fonctionnement de la pompe à sodium-potassium,
 - Insuffisance cardiaque,
 - Capacité du rein réduite pour concentrer l'urine,
 - Motilité de l'intestin réduite (durée du transit intestinal augmenté),
 - Insuffisance hépatique,
 - Réduction de la production d'enzymes digestifs,
 - Poïkilothermie,
 - Perturbations hormonales (intolérance au glucose),
 - Réponses immunitaires et inflammatoires réduites favorisent les infections,
- La plupart des tissus perdent du poids,
- Une altération métabolique se produit : augmentation du sodium corporel et perte de potassium, réduction des minéraux tels que le zinc, cuivre, magnésium,
- Les diarrhées et infections répétées peuvent entraîner des carences en micronutriments, causant parfois des lésions cutanées
- L'apparition d'œdèmes.

3.5.3.1.3.1. Le marasme.

Le marasme concerne le plus fréquemment l'enfant de moins d'un an (16 et 34). Il s'agit d'une insuffisance nutritionnelle globale, ou défaut d'apport nutritionnel quantitatif. Le marasme est la forme la plus fréquemment rencontrée. C'est un état de dénutrition grave, du à un apport alimentaire globalement très insuffisant (carence

globale), appelé cachexie ou athrepsie. L'enfant meurt littéralement de faim, il manque de tout. Le marasme s'installe généralement dans la première année de vie (34), après un sevrage brutal, un allaitement maternel perturbé, ou chez des enfants nourris artificiellement.

L'aspect de l'enfant atteint de marasme est caractéristique : il a l'aspect d'un vieillard.

Photo2 : Enfants atteints de marasme



(www.fao.org/docrep/004/w0073f/w0073f41.jpg)

La MPE entraîne un déficit des masses musculaires et graisseuses, une augmentation de l'eau totale et du capital sodé, une diminution du capital potassique. Il se produit alors une redistribution de la masse corporelle qui se traduit par une diminution du renouvellement de la synthèse protéique.

L'épargne de la dépense d'énergie a trois répercussions nocives :

- la synthèse d'albumine est diminuée créant une hypo-albuminémie, de même que les synthèses enzymatiques entraînant une malabsorption intestinale ;
- des diarrhées chroniques ;
- une baisse du potentiel immunitaire qui expose l'organisme à des infections, particulièrement aux bactéries à Gram- (34).

➤ **Manifestations cliniques du marasme :**

Le marasme se caractérise par un déficit pondéral majeur. Ainsi, on observe ainsi :

1. une fonte des tissus graisseux et musculaires se traduisant par un déficit pondéral majeur pouvant atteindre 60% du poids normal, la cachexie, la

- saillie des côtes et des os des membres sous la peau, l'apparition de rides sur la peau au niveau du ventre et des membres, le visage maigre et vidé avec les yeux enfoncés dans les orbites donnant un faciès de vieillard ;
2. au niveau des phanères : les cheveux restent généralement normaux, ils sont parfois clairsemés ;
 3. troubles du comportement : l'enfant a le regard anxieux, il est nerveux. Il garde un comportement actif, et reste vif et intéressé par son entourage.
 4. on peut constater des petites selles vertes et liquides typiques de la diarrhée de la faim ;
 5. l'appétit est conservé, l'enfant est affamé ;
 6. il n'y a pas d'œdèmes ni d'éruptions cutanées, ni de troubles de la pigmentation ;

➤ **Evolution du marasme :**

L'enfant est accessible car il est affamé et a gardé tout son appétit. La situation est réversible. Avec une prise en charge adéquate, au bout de quelques semaines, l'enfant peut récupérer. Dans le cas contraire, la mort peut survenir dans un état de dénutrition totale. Il est important de noter que l'enfant atteint de marasme présente une extrême fragilité aux infections.

3.5.3.1.3.2. Le kwashiorkor.

Le mot Kwashiorkor (16) est un terme ghanéen qui signifie maladie de l'enfant évincé du sein maternel. Le kwashiorkor est une MPE grave essentiellement due à une insuffisance notoire d'apport de protéines dans l'alimentation de l'enfant, c'est-à-dire un défaut d'apport qualitatif, à noter que pour le marasme, il s'agit d'un déficit d'apport quantitatif.

➤ **Manifestations cliniques du kwashiorkor.**

Photo 3 : Enfant atteint de kwashiorkor



(www.asnom.org/fr/510_nutrition.html)

L'enfant atteint de kwashiorkor présente :

1. **des œdèmes** siégeant au niveau essentiellement au niveau des pieds, des paupières, de la face, des jambes, des mains et des bras.
Cependant, les œdèmes peuvent masquer le déficit pondéral et souvent même une déshydratation sévère ;
2. **un déficit pondéral** masqué ou non par les œdèmes ;
3. **des troubles du comportement** qui sont :
 - **une apathie** : l'enfant est très fatigué et reste indifférent à tout ce qui se passe autour de lui ;
 - **et une anorexie** : l'enfant n'a pas d'appétit. Il refuse toute nourriture ;
4. **des lésions de la peau et des phanères** : l'enfant présente un aspect de brûlé ; il apparaît au niveau de la peau des ulcérations et des fissures ;
Les cheveux sont défrisés, roux, secs et s'arrachent facilement ;
5. **la pâleur** des conjonctives palpébrales et parfois des paumes des mains et des pieds traduit une anémie ;
6. **des lésions des muqueuses** : fissures à l'angle de la bouche (chéilite) ;
7. **des troubles du transit intestinal** : Diarrhée persistante, vomissements ;
8. **et une hépatomégalie** : augmentation du volume du foie.

➤ **Evolution du kwashiorkor.**

En l'absence de traitement, la mort peut survenir par suite :

- d'hypovolémie (diminution du volume sanguin circulant),
- de troubles hydro-électrolytiques liés à la déshydratation,
- d'anémie
- ou d'infection.

➤ **Prévention du kwashiorkor :**

Elle consiste en :

- une promotion de l'allaitement pendant une durée aussi longue que possible ;
- une supplémentation alimentaire adéquate ;
- une surveillance préventive des enfants sains dans les centres de santé ;
- une promotion des aliments locaux à travers des séances de démonstrations nutritionnelles ;
- une alimentation adéquate privilégiant les aliments riches en protéines ;
- une vaccination des enfants de bas âge, notamment contre la rougeole ;
- consistera à éviter tous les actes pouvant prédisposer les enfants à la malnutrition (sevrage brutal et/ou précoce, ablactation précoce, mauvaise hygiène alimentaire) ;
- une information, éducation, communication chez les parents ; notamment des mères pour soutenir ces différentes actions.

➤ **Le traitement curatif du kwashiorkor.**

- Les formes graves sont hospitalisées et les formes modérées surveillées à domicile ;
- Il faudrait une alimentation hyperprotidique (très riche en protéines) : viande, poisson, haricot, œufs, etc. Toutefois, l'apport d'aliments riches en substances énergétiques reste nécessaire pour éviter l'installation du marasme ;
- Eviter le lait frais de vache et donner du lait caillé ;
- La complémentation (sevrage) doit être progressif et l'allaitement maternel aussi longtemps que possible ;
- Il faut faire un traitement médical :
 - corriger l'hypovolémie et éviter la déshydratation intracellulaire qui peut être consécutive à la diarrhée par la solution de réhydratation orale (SRO) ;
 - traiter la cause de la diarrhée, si elle a été identifiée (un traitement antibiotique en cas d'infection, un traitement antimycosique en cas de mycose digestive ou traitement antiparasitaire) ;

- Beaucoup plus rarement, la transfusion sanguine en cas de nécessité absolue (anémie très sévère et mal tolérée).

Il est important de préciser que dans le traitement du Kwashiorkor, le régime sans sel et le traitement diurétique sont formellement proscrits.

3.5.3.2. Les carences en micronutriments.

Il existe deux types de carences en micronutriments (33) :

- ✓ **les carences en micronutriment de type I**, qui n'ont aucune incidence sur l'anthropométrie. Les micronutriments de type I sont : le fer, l'iode, le cuivre, le calcium, le sélénium, la thiamine (vitB1), la riboflavine (vitamine B2), la pyridoxine (vitamine B6), la niacine (vitamine B3), l'acide folique (vitamineB9), la cobalamine (vitamine B12), et les vitamines liposolubles (A, D, E, K).
- ✓ **Les carences en micronutriments de type II**, qui elles provoquent une perte de poids ou un retard de croissance. Les micronutriments de type II sont :
 - les acides aminés essentiels (leucine, thréonine, lysine, tryptophane, valine, méthionine et isoleucine),
 - et les minéraux (potassium, magnésium, phosphore, soufre, zinc, chlore, et sodium).

Il existe une interrelation entre tous ces micronutriments : lorsqu'il en manque un, tous les autres peuvent disparaître.

Les effets des carences (35) en vitamines et en sels minéraux sont souvent invisibles et sont donc moins bien reconnus que d'autres problèmes nutritionnels. Même modérées, les carences en certaines vitamines et en minéraux comme le fer et l'iode peuvent entraîner chez les enfants une réduction des capacités intellectuelles et cognitives et chez les adultes une baisse de la productivité physique. D'autres carences comme l'avitaminose A peuvent aboutir à une hausse de la morbidité et de la mortalité chez les enfants de moins de 5 ans ou, comme la carence en folates, peuvent être couramment associées à une augmentation des cas de défaut de fermeture du tube neural à la naissance. (il existerait même un lien entre ces carences et la prévalence croissante des maladies non transmissibles, dont l'obésité).

3.5.3.2.1. Anémie et carence en fer.

Les anémies nutritionnelles (16) (28) sont des états pathologiques liés à une carence en nutriments essentiels tels que le fer, l'acide folique, la vitamine B12, les protéines.

La plus fréquente des anémies est celle causée par la carence en fer, encore appelée **anémie ferriprive ou anémie martiale** fait l'objet de notre étude.

L'anémie est une pathologie hématologique caractérisée par une diminution du nombre de globules rouges dans le sang en même temps qu'un affaiblissement du taux d'hémoglobine intra-érythrocytaire dans le sang, en dessous des valeurs physiologiques normales.

Rappelons qu'au plan mondial, l'anémie touche 1,7 milliards de personnes (30).

3.5.3.2.1.1. Le fer dans l'organisme

Le fer est un micronutriment stocké dans le foie sous forme de réserve.

Deux types de fer sont utilisés par l'organisme : le fer d'origine animale, appelé fer héminique et le fer d'origine végétale ou fer non-héminique. Le fer héminique a une plus grande absorption par l'organisme, contrairement au fer non-héminique, d'où l'importance de la source, donc de la qualité du fer dans la nutrition.

Le fer issu de l'alimentation est absorbé au niveau du duodéno-jéjunum. Il est ensuite transporté au niveau de la moelle, du foie et de la rate où il est stocké et utilisé par les jeunes hématies de la moelle (36) hématopoïétique pour la formation de l'hème (partie active) dans l'hémoglobine. Le transport s'opère par fixation sur la transferrine et le stockage sous forme de ferritine. Le fer intervient dans le transport de l'oxygène aux tissus, et du gaz carbonique aux poumons. Il ne se trouve jamais à l'état libre. La quantité de fer de l'organisme est déterminée d'une part par les apports alimentaires, la capacité d'absorption intestinale (biodisponibilité), la capacité de stockage et d'autre part, par les pertes.

3.5.3.2.1.2. Manifestations de l'anémie.

La baisse du taux d'hémoglobine entraîne un mauvais transport de l'oxygène. En effet, les érythrocytes permettent le transport de l'oxygène aux différents tissus du corps grâce à l'hémoglobine. Les symptômes généraux des différentes sortes d'anémie sont :

- une pâleur de la peau et des muqueuses,
- une faiblesse, un état maladif, une grande fatigue,
- un essoufflement, des palpitations,
- une augmentation des infections,
- la diminution de la concentration et des capacités mentales,
- Les anémies chroniques provoquent des œdèmes par le biais de l'insuffisance cardiaque qu'elles provoquent.

Le coma survient quand le taux atteint 2 à 3 g/dl.

3.5.3.2.1.3. Epidémiologie.

Selon les données de la FAO, 79 % des enfants de moins de 3 ans sont anémiques, selon ces estimations, jusqu'à 1,7 milliard de personnes seraient touchées par l'anémie au plan mondial (30).

Au Mali, la prévalence de l'anémie chez les enfants d'âge préscolaire est de 81% selon l'EDSM IV.

3.5.3.2.1.4. Classification de l'anémie

Les anémies peuvent être classées en plusieurs familles suivant leur étiologie (voir Annexes).

Les valeurs seuils (selon l'OMS) du taux d'hémoglobine retenu indiquant une anémie sont :

- 11g/dl chez les femmes enceintes et les enfants de 6 mois à 5 ans
- 12g/dl chez les femmes non enceintes
- 11,5g/dl chez les enfants de 5 – 11 ans
- 12g/dl chez les enfants de 12 – 13 ans
- 13g/dl chez les hommes.

L'OMS propose des normes qui permettent de classer l'anémie en fonction de la sévérité :

- Taux normal : au dessus de 10,9g/dl
- L'anémie sera qualifiée de légère si le taux d'hémoglobine est compris entre 10 et 10,9g/dl,
- Entre 7 et 9,9g/dl, l'anémie est modérée,
- L'anémie est sévère pour des taux en dessous de 7g/dl.

Selon l'EDS IV (6), 81% des enfants sont atteints d'anémie : 21% présentent la forme légère, 50% la forme modérée, et 10% une anémie sévère selon cette classification.

La classification de l'anémie selon le degré de sévérité est donnée comme suit d'après CRAN 1998 (16) :

- Anémie légère : si le taux d'hémoglobine est ≥ 10 g/dl
- Anémie modérée si le taux d'hémoglobine est ≥ 7 g/dl et < 10 g/dl
- Anémie sévère si le taux d'hémoglobine est < 7 g/dl

3.5.3.2.1.5. Etiologie de l'anémie.

Parmi les facteurs étiologiques de cette affection (14), la carence en fer résultant d'une déficience alimentaire est la plus fréquente. La carence en fer est la première cause d'anémie au sein de certaines populations dans les PVD.

L'anémie par carence martiale pure ou ferriprive est associée à un épuisement des réserves en fer sérique et de la transferrine, protéine porteuse du fer. Le taux de fer sérique est abaissé en deçà du taux normal de 20 µg/l (soit 10µmole/l). Le dosage du fer sérique permet de situer le type d'anémie.

En effet, de nombreuses autres affections (14) telles que les parasitoses, les hémorragies, certaines affections congénitales, certaines maladies chroniques une déficience alimentaire en vitamine B12 ou autres micronutriments peuvent provoquer l'anémie.

Les populations les plus vulnérables sont les enfants de moins de 5 ans, les femmes enceintes et les femmes en âge de procréer.

La physiopathologie de l'anémie fait référence à un mécanisme complexe. Elle peut être schématisée pour tenir compte des principaux facteurs qui engendrent l'anémie (voir Annexes).

3.5.3.2.1.6. Les besoins en fer.

Ces besoins sont très variables, ils sont donnés par le tableau ci-après (16) :

Tableau II : Les besoins en fer.

Enfant	15 mg/jour
Femme	18 mg/jour
Homme	10 mg/jour
Femme enceinte	60 mg/jour

L'absorption du fer peut être modulée par certains facteurs tels que le thé qui empêche cette absorption, tandis que la vitamine C l'augmente.

3.5.3.2.1.7. Conséquences de la carence en fer

Chez les jeunes enfants la carence en fer se traduit généralement par une anémie ferriprive, ayant pour conséquence une asthénie, une réduction de la capacité physique, une baisse de la performance intellectuelle (apathie, somnolence, irritabilité), chez les

enfants un retard mental, et aussi une baisse de l'immunité se traduisant par une grande prévalence des infections.

On peut également constater une polypnée d'effort, puis polypnée permanente, une tachycardie, des céphalées, des vertiges et bourdonnements d'oreilles.

Chez les femmes enceintes on peut constater :

Augmentation de la fréquence de la prématurité, de la mortalité foetale et maternelle.

Des troubles du comportement qui se manifestent par une géophagie chez la femme enceinte (impulsion à manger de la terre), une pagophagie (impulsion à manger de la glace).

3.5.3.2.1.8. Prévention des anémies par carences en fer.

Les anémies par carence en fer peuvent être prévenues par une supplémentation (essentiellement utilisée chez la femme enceinte.), par l'enrichissement d'aliments couramment consommés tels que lait, la farine de blé, le sel, le sucre raffiné, etc. Le thé est à éviter chez les femmes enceintes et les jeunes enfants.

3.5.3.2.1.9. Traitement curatif des anémies par carence en fer.

Si la cause de l'anémie a pu être identifiée, elle est traitée.

Le traitement peut se faire à travers l'administration de fer sous forme de médicaments (sulfate ferreux) : (200 à 400 mg de fer élément par jour pendant 3 à 6 mois).

L'administration de Vitamine C est conseillée, car elle augmente l'absorption du fer.

Par contre, le thé est à éviter, car il diminue l'absorption de fer.

Il est conseillé de consommer des aliments riches en fer (épinard, œufs, viande, foie, rognon, etc.). Exceptionnellement, la transfusion sanguine est proposée seulement, en cas de nécessité absolue (anémie sévère et mal tolérée).

3.6. La spiruline

Actuellement redécouverte, bien qu'utilisée traditionnellement depuis des siècles, la spiruline représente aujourd'hui une nouvelle source de protéine non conventionnelle. A juste titre, elle suscite par sa composition exceptionnelle de nombreux intérêts et espoirs quant à ses potentialités.

3.6.1. Présentation de la spiruline.

Photo 4 : Structure de la spiruline.



(www.cyanosite.bio.purdue.edu/images/lgimages/spirs4.jpg)

La spiruline est un micro-organisme en forme de spirale. Elle se reproduit par scissiparité et, est capable comme les végétaux de faire la photosynthèse. Voici précisément sa position taxonomique (37) :

Tableau III : Taxonomie de la spiruline.

Règne :	Monera
Sous-règne	Procaryota
Phylum	Cyanophyta
Classe	Cyanophyceae
Ordre	Nostocales
Famille	Oscillatoriaceae
Genre	Spirulina
Espèce	platensis

(L'espèce *Spirulina platensis* est originaire du Kanem (Tchad) et l'espèce *Spirulina geitleri* ou *maxima* est présente au Mexique)

La spiruline est une cyanophycée microscopique d'une longueur moyenne d'environ 250µm. Cette algue bleue microscopique, est pluricellulaire : est de forme hélicoïdale spiralée, Le diamètre du filament spiralé est d'environ 10 à 12µ, et il est enroulé en spirale, généralement en 6 ou 7 spires. Les filaments sont mobiles. On trouve des formes spiralées classiques, ondulées et parfois droites. Toutefois, elle possède une grande adaptabilité morphologique et dimensionnelle liée aux milieux de culture (38).

La spiruline a une couleur bleu-vert. Elle se compose de cellules procaryotes dont le noyau n'est pas bien défini, les acides nucléiques sont disposés au hasard à l'intérieur des cellules. Les cellules transparentes empilées bout à bout forment ainsi un filament ou trichome. Elle doit son nom à sa structure en forme de filaments spiralés. Elle existe depuis plus de 3 milliards d'années.

Les pigments porteurs de chlorophylle ne sont pas enclos dans un chloroplaste ; la chlorophylle β est remplacée par un pigment bleu supplémentaire appelé phycocyanine. Cette dernière posséderait des propriétés anticancéreuses. La spiruline se développe en milieu saumâtre et chaud. Ces micro-organismes prolifèrent naturellement dans les lacs saturés de matières organiques salés et alcalins (pH entre 9 et 10) (38) de la ceinture intertropicale, avec une intensité lumineuse assez importante. Elle se développe très rapidement, son rythme est d'une division toutes les 8 heures.

Dans notre étude, nous avons employé *Spirulina platensis*.

3.6.2. Historique de la spiruline.

Il existe plusieurs espèces dont *Spirulina maxima*, et *Spirulina platensis*.

La spiruline est traditionnellement consommée par certaines populations au Tchad et au Mexique.

La tribu Kanembou du lac Tchad la consomme depuis toujours sous forme de galette séchée de spiruline appelée « dihé »; il s'agit de *Spirulina platensis* qui est une espèce sauvage. Elle est récoltée à la surface des lacs, moulée en galettes et séchée. Elle est aussi produite de façon traditionnelle et largement consommée au Tchad pour ses nombreuses vertus thérapeutiques et qualités nutritionnelles. Elle a été redécouverte. Lorsqu'en 1939, une pharmacienne de Bordeaux, le Professeur Creac'h, a trouvé des galettes de spiruline séchée (appelées « dihé ») sur un marché de Massakong au Tchad (39). Cette algue a été décrite pour la première fois en 1940 dans le bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux par Dangeard.

C'est en s'intéressant aux habitants du Kanem, qui semblaient insensibles à la malnutrition, que des chercheurs ont découvert la spiruline dans les années soixante. Au même moment, Léotard J., botaniste d'une expédition belge au Sahara, confia un échantillon de galette verte séchée acquise dans un marché de Fort-Lamy (Tchad) à Compère P., autre botaniste, lequel identifia la substance en question comme *Spirulina platensis*, la spiruline africaine.

En 2003, la FAO a reconnu que « le dihé, depuis des siècles est le secret d'une bonne santé de la population locale », et que « les peuples de la région sont connus dans le pays car ils vivent plus longtemps et mieux ».

Au Mexique, la spiruline (*Spirulina maxima*) est également consommée par les Aztèques du Lac Texoco au Mexique comme potion magique, longtemps avant la conquête espagnole (40). Vraisemblablement, l'algue est récoltée à la surface des lacs de la même façon que le font les Kanembous du Tchad.

Sa redécouverte au Mexique a été tout à fait fortuite. Suite à des problèmes techniques dans une société productrice de dérivés de la soude (société Sosa Texoco), un biologiste a identifié une minuscule algue, d'origine inconnue, qui colonisait les parties périphériques d'un gigantesque évaporateur solaire. La machine était implantée sur le lieu de l'ancien lac Texoco, richesse naturelle des Aztèques avant la colonisation. Ce dernier connaissant les travaux de Compère P. sur la nourriture verte des Kanembous du Tchad et fit donc le rapprochement entre l'algue du Tchad et le microorganisme trouvé. Il s'agissait bien de spiruline, la *Spirulina geitleri*, variété proche de la *Spirulina platensis*. Deux espèces ont ainsi été mises en évidence à des milliers de kilomètres.

A partir de chroniques (Lopez de Gomara) de la conquête espagnole décrivant la vie des Aztèques, cet aliment -appelé « tecuitlati » par les Aztèques- a enfin pu être identifié. Elle constituait l'aliment de base des coureurs à pieds «coureurs de poisson », des coursiers spéciaux chargés de livrer du poisson frais à la cour royale. Le poisson provenait directement de l'océan à près de 250 km, distance parcourue en moins de 7 heures (40).

Elle était utilisée par les Aztèques jusqu'à l'arrivée des conquistadores espagnols qui en restreignirent sévèrement la consommation. C'est ainsi que pendant quatre siècles, la spiruline a disparu... Les Aztèques et, selon toute probabilité, les Toltèques avant eux récoltaient la spiruline, exactement comme les Kanembous du lac Tchad pour se nourrir.

Suite à ces redécouvertes de la spiruline au Tchad, et au Mexique, de nombreux travaux et recherches ont succédé.

3.6.3. Composition de la spiruline.

L'étude biochimique de la spiruline a révélé une composition équilibrée en nutriments très intéressante (voir Annexes). On y trouve (41 et 42) :

- 60% à 65% de protéines,
- 15 à 20% de glucides
- 7 % de lipides : des acides gras polyinsaturés dont 10 acides gras essentiels,
- Des vitamines, particulièrement la vitamine A, et toutes les vitamines du groupe B et la vitamine E
- et 17 acides aminés dont 8 sont essentiels,
- 12 minéraux et oligo-éléments dont le fer qui est sous forme directement assimilable, le calcium, le phosphore et le magnésium.

En outre, la spiruline se distingue par une digestibilité équivalente à celle du lait maternel, et sa consommation ne nécessite aucune cuisson, ni contre-indication ou limitation (41).

3.6.4. L'utilisation nette de protéines (Net Protein Utilisation ou NPU).

L'utilisation des protéines ingérées (41) est déterminée par la digestibilité, c'est-à-dire la proportion d'azote protéique absorbée, ainsi que par la composition en acides aminés (plus d'autres facteurs dépendant de l'animal ou de l'individu concerné: âge, sexe, état physiologique...). La valeur de NPU est déterminée expérimentalement en calculant le pourcentage d'azote retenu lorsque la source de protéines étudiée est le seul facteur nutritionnel limitant. On étudie généralement cette valeur dans différentes situations: croissance active, état adulte, convalescence.

Contrairement à d'autres micro-organismes proposés comme sources de protéines (levures, chlorelles, ...), la spiruline ne contient pas de parois cellulosiques mais une enveloppe de muréine relativement fragile, ce qui explique la très bonne digestibilité des protéines de la spiruline simplement séchée: de 83 à 90% (caséine pure 95.1%).

Ainsi la spiruline ne nécessite ni cuisson ni traitements spéciaux destinés à rendre ses protéines accessibles. C'est un avantage considérable tant du point de vue simplicité de production que pour la préservation de constituants de hautes valeurs tels que vitamines et acides gras polyinsaturés. L'absence de besoin de cuisson est un atout supplémentaire dans les régions où le bois de feu reste la principale (ou la seule) source d'énergie utilisée à cet effet.

La valeur NPU de la spiruline est estimée entre 53 et 61% soit 85 à 92% de celle de la Caséine.

Sa composition, sa digestibilité, la facilité de son utilisation, de même que sa production aisée, confèrent à la spiruline une position préférentielle parmi les autres compléments alimentaires dans la lutte contre la malnutrition.

3.6.5. Propriétés et utilisations de la spiruline.

Différentes recherches et études ont confirmé les nombreuses propriétés (40) de la spiruline. La spiruline possède une activité :

- Réductrice du cholestérol,
- Anti-cancéreuse,
- Antivirale,

C'est un puissant stimulant immunitaire.

Son utilisation est très variée :

- Elle est consommée par les astronautes,
- Utilisée comme radio-protecteur,
- La phycocyanine (pigment bleu) qu'elle contient est le seul colorant alimentaire bleu autorisé en Europe,
- Employée en cosmétologie,
- Les phycobiliprotéines de la spiruline (phycoérythrine et phycocyanine) sont utilisés comme des pigments fluorescents dans les diagnostics immunologiques,
- Pour alimenter :
 - les poules pondeuses : le bêta-carotène présent dans la spiruline colore les jaunes d'œufs en rouge-orange foncé, et la chair de poulets nourris à la spiruline prend une teinte dorée qui est appréciée,
 - les poissons et les oiseaux. La spiruline donne des couleurs fort appréciées.

3.7. Le poisson

Nous avons utilisé le « silure » (ou poisson-chat) fumé pour la complémentation de la farine enrichie. Il apporte des protéines, mais aussi une grande quantité de lipides.

3.8. L'alimentation de complément.

Une recommandation générale de la Santé Publique préconise l'allaitement exclusif du nourrisson pendant les six premiers mois de la vie (43). Par la suite, en fonction de l'évolution de ses besoins nutritionnels, le nourrisson doit recevoir des aliments complémentaires sûrs et adéquats du point de vue nutritionnel, tout en continuant à être allaité jusqu'à l'âge de deux ans ou plus. Durant cette période, la femme allaitante a besoin de soutien.

Le nourrisson est particulièrement vulnérable pendant la période de transition, quand commence l'alimentation complémentaire. Pour que les besoins nutritionnels soient satisfaits, il faut donc que les aliments complémentaires soient :

- **apportés au bon moment** : c'est-à-dire introduits quand les besoins en énergie et en éléments nutritifs dépassent ce qui peut être apporté par un allaitement maternel exclusif et fréquent ;
- **adéquats** : c'est-à-dire apportent l'énergie, les protéines et les micronutriments suffisants pour satisfaire les besoins nutritionnels liés à la croissance de l'enfant ;
- **sûrs** : c'est-à-dire stockés et préparés dans de bonnes conditions d'hygiène, et donnés avec des mains propres dans des ustensiles propres, et non au moyen de biberons et de tétines ;

Le nourrisson et le jeune enfant sont parmi les plus exposés aux situations d'urgence naturelles ou dues à l'homme. L'interruption de l'allaitement maternel et une alimentation complémentaire inappropriée aggravent le risque de malnutrition, de maladie et de décès.

L'alimentation complémentaire appropriée suppose que l'on dispose d'informations exactes et d'un appui de qualité au niveau de la famille, de la communauté et du système de santé. Des connaissances inadéquates concernant les aliments et pratiques d'alimentation appropriés jouent souvent un rôle plus important en matière de malnutrition que le manque de nourriture.

Des conseils appropriés en nutrition adaptés à la culture locale qui seront donnés à la mère et au jeune enfant et recommanderont l'utilisation la plus large possible de produits disponibles sur place contribueront à ce que les aliments locaux soient préparés et donnés dans des conditions de sécurité à domicile. Le secteur agricole a un rôle particulièrement important à jouer pour assurer que des aliments appropriés destinés à l'alimentation complémentaire soient produits et facilement disponibles à des prix abordables.

En plus, des aliments complémentaires peu coûteux, préparés avec des ingrédients disponibles sur place au moyen de techniques de production appropriées à échelle réduite dans la communauté peuvent aider à satisfaire les besoins nutritionnels du nourrisson plus âgé et du jeune enfant. Les produits alimentaires complémentaires transformés industriellement offrent également une option dans le cas de certaines mères qui ont les moyens de les acheter et peuvent et savent les préparer et les donner dans de bonnes conditions d'hygiène. Les produits alimentaires transformés destinés au nourrisson et au jeune enfant doivent, lorsqu'ils sont vendus ou distribués, respecter les normes applicables recommandées par la Commission du Codex Alimentarius (44) ainsi que par le Code d'usages du Codex recommandé en matière d'hygiène pour les aliments destinés aux nourrissons et enfants en bas âge.

L'enrichissement des denrées alimentaires et la supplémentation en nutriments généralisée ou ciblée peuvent également contribuer à fournir au nourrisson plus âgé et au jeune enfant les quantités voulues de micronutriments.

3.9. Les farines infantiles. Les farines de l'Unité de transformation et de Conditionnement de Denrées Alimentaires (UCODAL)

3.9.1. Les farines infantiles

Elles entrent dans la logique de recommandations de la FAO (25) et de l'OMS : elles sont fabriquées à partir de denrées locales. De haute valeur protéino-énergétique, et conçues pour lutter contre la malnutrition, ces farines diététiques infantiles ont été conçues pour préparer des bouillies de haute valeur protéino-énergétique. Elles

répondent aux soucis de solutions locales, durables et accessibles. Leur formulation a été mise au point par des chercheurs de l'Institut d'Economie Rurale, et la diffusion est supportée par le Ministère de la Santé et le Programme Alimentaire Mondial (PAM).

Ce sont des aliments de complément à l'allaitement maternel. Ces farines sont destinées à la prise en charge thérapeutique et préventive de la malnutrition infantile et peuvent être utilisées en complément du plat familial au moment du sevrage. Elle complète également l'alimentation des femmes enceintes et allaitantes, ou encore les adultes et enfants malades ou convalescents.

Au Mali, nous disposons des farines SINBA de l'UCODAL et aussi des farines MISOLA (Mil-Soja-Maïs) comme farines infantiles localement produites.

Par leurs qualités nutritionnelles, ces farines représentent un des moyens de lutte contre la malnutrition et trouvent leur place dans une politique de santé publique soucieuse d'améliorer l'état nutritionnel d'une population. Pour notre étude, nous avons utilisé les farines infantiles SINBA.

3.9.2. Les farines SINBA d'UCODAL utilisées dans l'étude.

Les farines utilisées sont la farine enrichie SINBA, et la farine enrichie au poisson SINBA.

Les valeurs nutritionnelles et énergétiques ont été calculées d'après la Table de Composition des Aliments du Mali (TACAM, (45) et le logiciel NutriSurvey;

Tableau IV : Valeur nutritionnelle et énergétique des compléments utilisés.

	Composition moyenne pour 100 grammes de farine enrichie	Composition moyenne pour 100 grammes de farine enrichie +poisson	Composition pour un bol de bouillie farine enrichie (48,9g)	Composition pour un bol de bouillie farine-poisson (48,9g)	5g de spiruline
Energie	412 Kcal	435Kcal	201,5 kcal	212,7kcal	17,3-19,25 kcal
Humidité	4 g	4,6g	2g	2,2g	-
Protides	12 g	15,9g	5,9g	7,8g	3 à 3,25g
Lipides	8 g	8,4g	3,6g	4,1g	0,25g
Glucides	70 g	70g	34,2g	34,2g	0,75 à 1g
Fer	5,8mg	5,8mg	2,8mg	2,8mg	9mg *

* :L'apport quotidien recommandé en fer pour les enfants est de 15 mg.

4. Méthodologie.

4.1. Cadre de l'étude.

Notre étude s'est déroulée à Sabalibougou, en commune V du District de Bamako, capitale du Mali.

Située en Afrique de l'Ouest, la République du Mali couvre une surface d'environ 1,2 millions de kilomètres carrés. Sept pays délimitent le Mali : au Nord, l'Algérie et le Niger, à l'Est le Burkina-Faso, la Côte d'Ivoire et la Guinée au Sud, le Sénégal et la Mauritanie à l'Ouest. Ce pays enclavé, et désert à 65%, demeure l'un des pays les plus pauvres du monde.

Le Mali est divisé en 8 régions administratives : Kayes, Koulikoro, Sikasso, Ségou, Mopti, Gao, Tombouctou et Kidal, auxquelles s'ajoute la capitale Bamako, qui possède un statut de district.

Le District de Bamako, lui-même comprend 6 communes : les communes I, II, III, IV, V et VI. La population totale du Mali en 2008 a été estimée à environ 12,324 millions d'habitants.

En commune V(46), elle est estimée en 2008 à 303 004 habitants pour une superficie de 41 km². La Commune V a été créée par l'ordonnance N° 78- 34/CMLN du 18 Août 1978, modifiée par la loi numéro 82-29/AN-RM du 2 février 1982. Comme les autres communes, elle répond à la volonté de mettre en place des entités territoriales dotées de personnalité morale et d'autonomie financière en vue d'une décentralisation.

La commune V se situe sur la rive droite du fleuve Niger (appelé Djoliba) qui sépare la capitale du Mali en deux. La Commune V du District de Bamako compte huit (8) quartiers administratifs : Badalabougou, Quartier Mali, Torokorobougou, Baco-Djicoroni, Sabalibougou, Kalaban-Coura, SEMA et Daoudabougou.

Sabalibougou, quartier de notre étude, est loti, mais non viabilisé. Une population issue de divers horizons socio-économiques, et également une population d'origine rurale y vit.

4.1.1. Situation géographique de Sabalibougou.

Le quartier est limité à l'Est par Daoudabougou à l'Ouest par Baco-Djicoroni et Torokorobougou au Sud par Kalaban-Coura et Garantiguibougou et au Nord par le Quartier – Mali. Le quartier de Sabalibougou est essentiellement composé de collines, et se situe dans un bas-fond.

4.1.2. Données socio-démographiques.

4.1.2.1. Démographie et répartition de la population en Commune V.

La population de la Commune V (46), estimée à 303 004 en 2008 (sur la base d'un accroissement de 2,8%) se répartit comme suit :

Tableau V: Répartition de la population de la Commune V (46)

Quartiers	Population en 2008
Quartier Mali	19 358
Badalabougou	23 825
Daouabougou	62 049
Sabalibougou	59 682
Baco-Djicoroni	44 840
Torokorobougou	16 915
KalabanCoura	71 438
SemaI	4 897
TOTAL	303 004

Le quartier de Sabalibougou représente le troisième quartier le plus peuplé de la Commune V, avec une population estimée à 59 682 habitants en 2008,.

Plusieurs ethnies y cohabitent : Peulhs, Bambaras, Malinkés, Sarakolés ; Dogons Senoufos, Sonrhaïs, Bobos, Mossi, Sénoufo, etc. Le Bambara est la langue commerciale.

4.1.2.2. La religion

Les principales religions pratiquées sont l'Islam à plus de 95% de la population, puis le christianisme, suivi de l'animisme.

4.1.2.3. La dynamique sociale

Les organisations socioprofessionnelles, les associations féminines, de jeunes, de veuves, de commerçants détaillants, ainsi que des associations traditionnelles ont créé à Sabalibougou une dynamique et cohésion sociale. Ensemble, ces structures œuvrent pour le développement du quartier.

Le Comité de développement participatif regroupe les associations, les coopératives et autres intervenants du quartier. Il collabore avec les autorités communales et les autorités traditionnelles.

La population, à travers ses associations et organisations socioprofessionnelles participe à des prises de décision relatives aux initiatives et autres actions de développement de quartier.

4.1.3. Les activités économiques

Contrairement aux autres quartiers de la Commune V, Sabalibougou ne dispose pas de structure industrielle. Son économie est essentiellement orientée vers le petit commerce, le maraîchage et l'artisanat.

4.1.4. La structure sanitaire. Carte sanitaire de la Commune V.

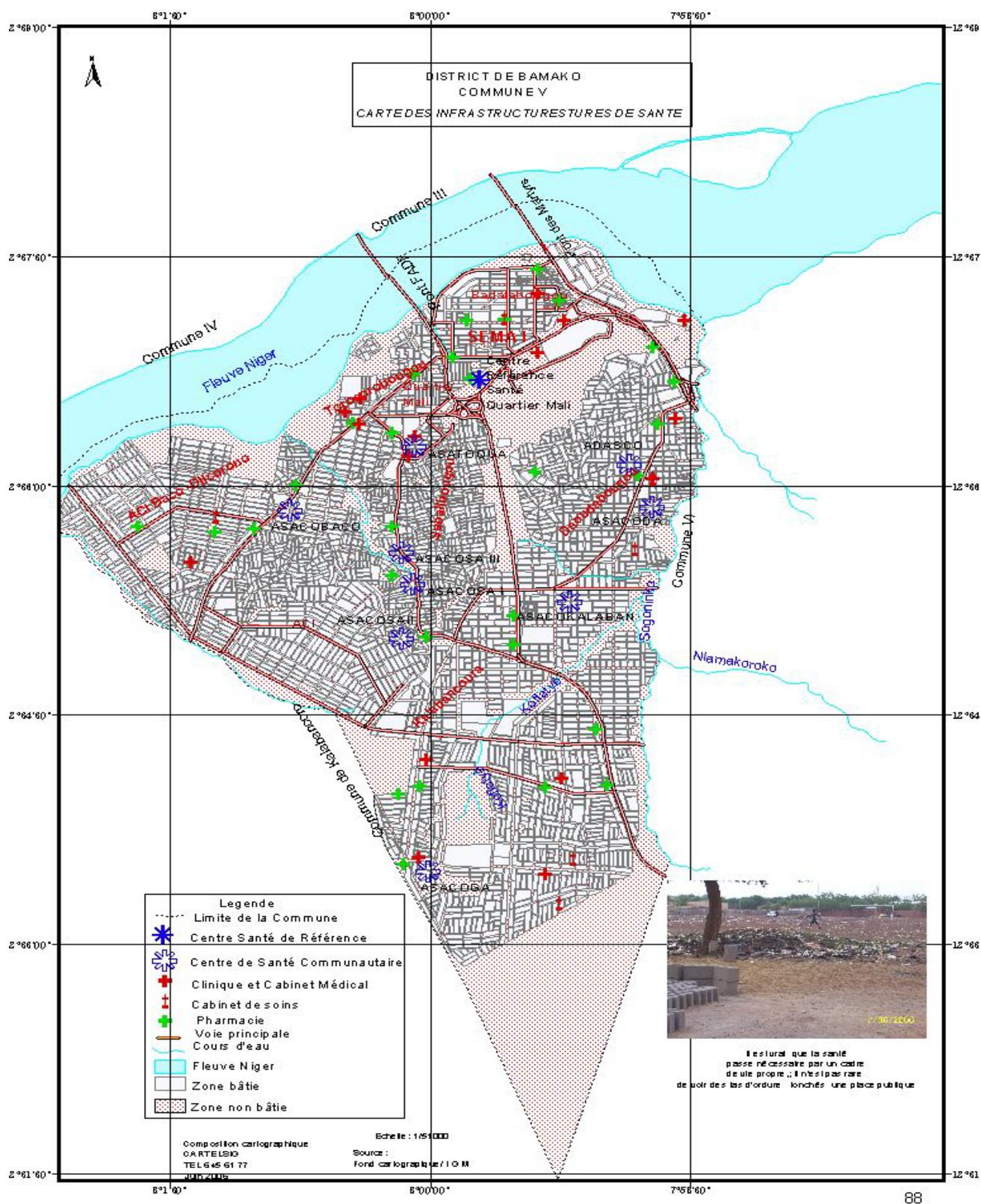


Figure 4 : Carte sanitaire de Sabalibougou

La commune V est dotée de 9 centres de santé, dont 3 sont localisés au niveau de Sabalibougou. Le choix s'est porté sur l'ASACO-SAB 1, SAB2, et SAB3 du quartier de Sabalibougou, connu pour son niveau économique faible, la pauvreté et la précarité de vie qui y règne.

4.2. Méthode.

4.2.1. Type d'étude.

L'étude menée consiste en une étude comparative de trois cohortes d'enfants de 6 à 59 mois dans le quartier de Sabalibougou, en Commune V du District de Bamako.

4.2.2. Période de l'étude.

L'étude a duré 2 mois. Elle s'est déroulée du 14 Août au 17 Octobre 2008.

Le choix a été porté sur cette période car il s'agit d'une période de soudure. Rappelons également que l'année 2008 a enregistré une bonne campagne agricole dans l'ensemble, avec une période de soudure normale. Cependant, au plan mondial, l'année s'est achevée dans un contexte de crise, aussi bien financière, qu'alimentaire, avec une flambée des prix des céréales (denrées de première nécessité) dans les pays en développement. Le Mali n'y a pas échappé. Des émeutes de faim ont même éclaté simultanément aux quatre coins du globe (Sénégal, Haïti, Egypte, Indonésie, Mozambique...).

4.3. Echantillonnage.

4.3.1. Taille de l'échantillon.

L'échantillon était composé de 3 cohortes d'environ 50 enfants. En prévision des tous les « perdus de vue », nous avons augmenté tous les effectifs. Le nombre d'enfants recrutés pour l'enquête était de 193 répartis comme suit :

- Au niveau de l'ASACO-Sab1 : 63 enfants.
- Au niveau de l'ASACO-Sab2 : 62 enfants.
- Au niveau de l'ASACO-Sab3 : 68 enfants.

4.3.2. Sélection de l'échantillon.

Le recrutement des enfants de 6 à 59 mois a été effectué au niveau des ASACO-Sab1, Sab2, et Sab3 de leur localité de provenance par les infirmières et matrones.

L'indice Poids/taille était calculé après la prise des mesures anthropométriques. vérifié sur la base de l'indice poids/taille qui devait être inférieur à -2 ET, et L'indice était ensuite vérifié sur la table de normes anthropométriques (voir Annexes) ; s'il était inférieur à -2 Z scores, l'enfant était sélectionné pour l'étude.

4.4. Critères.

4.4.1. Critères d'inclusion

Ont été inclus dans l'étude :

- les enfants de 6 à 59 mois.
- les enfants présentant un indice poids/taille inférieur à - 2 ET.
- Les enfants séronégatifs au test du VIH.
- Les enfants dont les parents ont donné leur accord.

4.4.2. Critères d'exclusion.

- Ont été exclus de l'étude tous les enfants pré-sélectionnés qui étaient séropositifs au test VIH.
- Les enfants dont les parents ont exprimé un refus de participer à l'étude.

4.5. Population d'étude.

La population ciblée se compose d'enfants de 6 à 59 mois. Elle correspond à la tranche d'âge la plus vulnérable à la malnutrition, et préférentiellement exposée aux maladies infantiles telles que la diarrhée ou les infections pulmonaires. Par sa grande fragilité, cette population enregistre les records de mortalité. En effet, elle passe par une période de sevrage (à partir de 6 mois), période très sensible à partir de laquelle la malnutrition peut s'installer insidieusement.

4.6. Méthode.

Notre étude a consisté en une réhabilitation nutritionnelle de 3 cohortes d'enfants de 6 à 59 mois dans le quartier de Sabalibougou. Elle a été menée par une équipe de l'INRSP, un médecin en Santé Publique, une équipe de suivi des enfants, et 2 étudiants de la FMPOS en année de thèse, et une équipe de techniciens (voir Annexes).

4.6.1. Protocole de l'étude.

Chaque cohorte d'enfant a été soumise à un protocole de renutrition précis. Auparavant, chaque groupe a systématiquement reçu un antipaludéen et un déparasitant.

Tous les enfants ont fait l'objet de mesures anthropométriques et de prélèvements biologiques.

Nous avons eu recours à des fiches de suivi (voir Annexes) pour enregistrer nos données.

4.6.2. Répartition des aliments de complément pour la renutrition selon les aires de santé.

Trois protocoles ont été proposés pour la renutrition des enfants : ce sont les protocoles farine seule, farine-poisson, et farine spiruline.

Ils ont été attribués au hasard aux 3 centres de santé, selon le schéma suivant :

Tableau VI : Répartition des protocoles.

Aire de santé	Protocole suivi
ASACO-SAB 1	Farine enrichie SINBA+ Spiruline
ASACO-SAB 2	Farine enrichie SINBA
ASACO-SAB 3	Farine enrichie au poisson

4.6.3. Cure anti-palustre et déparasitage systématique.

Au démarrage de l'étude, les enfants ont reçu les Combinaison Thérapeutique à base d'Arthémisinine ou CTA (arthémether-amodiaquine) et du praziquantel afin d'éviter l'influence des crises palustres et des infestations, et l'anémie résultant de ces parasitoses.

4.6.4. Alimentation de complément.

Les deux types de farines utilisées pour la renutrition proviennent de l'UCODAL (Unité de transformation et de Conditionnement des Denrées Alimentaires). Nous avons eu recours à :

- La farine enrichie SINBA

La farine de base ou farine enrichie SINBA possède la composition suivante (les valeurs nutritionnelles sont précisées dans le chapitre 3.9.2) :

Tableau VII: Composition de la farine SINBA.

Ingrédients employés pour la confection de la farine :	Taux dans la farine (%)
Mil	60
Niébé + arachide	30
Sucre	9
Complexe multivitaminique (CMV)	0,001
Sel iodé	0,14
Sucre vanillé	0,2
Acide citrique	0,7

Les 3 céréales fournissent l'apport en protéines, et le sucre l'apport énergétique, Le complexe vitaminique contient de la thiamine (vitamine B1) , riboflavine (vitamine B2) , pyridoxine (vitamine B6), niacine (vitamine PP), ainsi que du fer, du zinc et du phosphate tricalcique. La vitamine C provient du pain de singe. La farine a été aromatisée avec du sucre vanillé.

- La farine enrichie SINBA au poisson.

La farine enrichie SINBA au poisson est composée de farine enrichie plus du poisson (le silure). A 100 grammes de farine enrichie ont été ajoutés 5grammes de farine de silure fumé.

Les bouillies sont préparées en mélangeant un volume de farine pour six volumes d'eau, et portées à ébullition. La cuisson dure environ dix minutes.

La mesure de bouillie utilisée sur les fiches est le bol classique en plastique. Le bol de bouillie pèse en moyenne 48,9grammes.

Photo 5 : Préparation d'une bouillie de farine infantile (Sabalibougou, Octobre 2008)



- La spiruline :

La spiruline utilisée provient de la ferme de spiruline de SAFO, dans la Commune I. Il s'agit d'une micro algue microscopique très riche en protéine (entre 50 et 70% de son poids sec en protéine), micronutriments dont le fer, en vitamines, en acides gras polyinsaturés.

La dose quotidienne de spiruline administrée est de 5g par jour par enfant, soit l'équivalent d'une petite cuillerée par jour ajoutée dans la bouillie.

La spiruline est rajoutée après la cuisson de la bouillie afin de conserver les éléments thermolabiles (vitamines et autres..).

4.6.5. Les fiches de suivi.

L'interrogatoire a été effectué au moyen des fiches de suivi (voir Annexes). Elles ont été élaborées afin de recueillir diverses informations ayant trait à l'étude.

Les fiches de suivi s'adressent à la mère, ou la personne en charge de l'enfant (grand-mère, tante, etc.). Elle est remplie par l'agent sanitaire en charge du suivi de l'enfant malnutri. Les fiches d'enquête comportent 8 volets qui sont les suivants :

- 1 – les renseignements,
- 2 - le type d'alimentation,
- 3 – les traitements reçus,
- 4 – les tests biologiques effectués,
- 5 – le statut vaccinal,
- 6 – l'anthropométrie,
- 7 – le régime thérapeutique,
- 8 – les éléments de surveillance.

4.6.6. Phase d'enquête

Au cours de l'enquête nous avons effectué différentes mesures :

4.6.6.1. Mesures des indicateurs de l'état nutritionnel.

Parmi lesquelles :

- **Les mesures anthropométriques :**
 - Le poids en kilogrammes,
 - La taille en centimètres,
 - Enregistrement de l'âge en mois,
 - Les indices anthropométriques : poids/taille, poids/âge et taille/âge.

- **Les analyses biologiques.**

Les prélèvements sanguins ont été effectués dans le but de doser :

- Le taux d'hémoglobine afin de savoir si l'enfant est anémié ou pas.
- Le taux de fer sérique pour également qualifier le type d'anémie. Son suivi donnera l'évolution de l'anémie.
- Le taux des protides totaux sanguins. Ce taux donne une indication sur les carences protidiques et aussi l'état immunitaire général,
- Et de rechercher par le test sur la goutte épaisse le parasite Plasmodium afin de savoir si l'enfant a le paludisme, et connaître l'origine de l'anémie.

4.6.6.2. Mesures en cours d'étude.

- Les données anthropométriques ont été suivies une fois par semaine pour le poids, et une fois le deuxième mois de l'étude pour la taille.
- La quantité de bouillie absorbée à domicile par l'enfant, a été suivie quotidiennement avec les agents de santé selon la fiche d'enquête.

4.6.6.3. En fin d'études.

A la fin de l'étude, c'est-à-dire à deux mois du début de l'étude les mesures anthropométriques et les analyses biologiques suivantes doivent être effectuées : le dosage du taux d'hémoglobine, le dosage du fer sérique, le dosage des protéines sériques, et la goutte épaisse.

Par manque de réactifs, nous n'avons pas pu effectuer le dosage du fer sérique, le dosage des protéines sériques, et la goutte épaisse.

4.7. Considérations éthiques

L'adhésion au protocole a été conditionnée par le consentement (accord verbal) préalable des mères des enfants concernés. Nous avons également tenu compte de leur motivation à aider leur enfant. Les enfants malades ont été pris en charge médicalement pendant toute la durée de l'étude.

- A la fin de la recherche, un stock de farine de complément SINBA a été donné aux enfants restés assidus pendant l'étude.
- Les enfants séropositifs au VIH et leur mère ont tous été référés au Centre de Santé de Référence de la commune V, au niveau de l'antenne du CESAC (Centre de soins, d'animation et de conseils pour les personnes atteintes du VIH/SIDA) qui est une unité spécialisée pour leur prise en charge médicale.
- Les enfants anémiés ont été pris en charge.

- Afin d'assurer la pérennité du projet, le matériel de cuisine a été entièrement remis aux centres de santé, de même que le restant des stocks de farines SINBA. Les centres assureront une fois par semaine la préparation de bouillies aux mamans intéressées.
- Des conseils ont été prodigués aux mères pour l'alimentation des enfants, sur la préparation de farines enrichies et sur leur implication dans la surveillance de la santé de leurs enfants.
- Nous avons tenu compte des Bonnes Pratiques de Consultation (lieu de consultation, respect du patient etc.), et également des Bonnes Pratiques de Laboratoires (matériel à usage unique, conditions de prélèvement, personnel qualifié pour le prélèvement des enfants, etc.),
- La restitution du travail aux différents ASACO-SAB est prévue (visite avec remise des résultats obtenus).

4.8. Collecte des données anthropométriques.

La détermination de l'état nutritionnel des enfants est basée sur l'interrogatoire, les mesures anthropométriques, la présence d'œdèmes bilatéraux, les examens cliniques et para-cliniques biologiques.

En anthropométrie, les variables de base sont le poids, la taille, l'âge et le sexe.

Sont également utilisées les variables additionnelles qui indiquent une carence : œdèmes, des signes de carence en vitamine (A, C, B), de carence en iode (goitre).

4.8.1. Le poids

Les mesures des poids ont été effectuées grâce à des pèse-personnes solaires de Marque SECA. Cette balance dispose d'un cadran de lecture et d'une cellule photosensible.

La balance est posée sur une surface plane, dans un endroit bien éclairé. Après la mise à zéro de l'appareil, les enfants sont pesés sans chaussures, ni objets lourds, et avec leurs habits s'ils sont légers. Les plus petits enfants, les enfants agités ou ceux qui ne marchent pas encore, sont pesés après avoir remis la balance à zéro avec un adulte (la mère ou l'infirmière), puis on remet l'enfant à cette personne déjà sur la balance, et on lit directement le poids de l'enfant.

4.8.2. La taille.

Nous avons mesuré les tailles des enfants avec une toise de Shorr.

La toise de Shorr est fabriquée en bois, graduée en millimètre, soit en 0.1 cm. Elle est utilisable soit en position verticale pour les enfants de plus de 24 mois, soit en position couchée pour les enfants de moins de 24 mois.

La toise comprend :

- Une base, et une pièce verticale (la partie A)
- Un curseur mobile coulissant depuis la base de la toise
- Une partie complémentaire placée au-dessus de la pièce verticale (la partie B) pour la mesure des enfants de grande taille
- La partie b est elle-même surmontée de la partie C que l'on peut installer pour mesurer les adultes
- Une bretelle ajustable pour le transport de la toise

Les mesures de la taille sont effectuées par trois opérateurs, l'un des opérateurs pouvant être la mère elle-même. L'enfant est mesuré soit debout, soit couché sur la toise selon son âge.

Photo 6 : Mesure d'un enfant en cours (Sabalibougou, Octobre 2008)



Les mesures sont prises debout pour un enfant au-delà de 2 ans ou un enfant qui marche. On procède de la manière suivante :

Sans chaussures, debout sur une surface plane, contre la plaque verticale, les pieds parallèles et les talons contre la planche, les épaules et l'arrière de la tête touchant la tige. La tête doit être maintenue droite, le bord inférieur de l'orbite de l'œil se trouvant sur le même plan horizontal que l'ouverture du conduit externe (ligne de Francfort).

La partie supérieure de l'appareil (curseur de la toise) est abaissée jusqu'à aplatir les cheveux (les coiffures sont enlevées) et entrer en contact avec le sommet du crâne. Les talons doivent être plaqués au sol. Un des opérateurs peut alors effectuer la lecture sur la partie graduée.

Pour les nourrissons et enfants de moins de deux ans : on mesure la longueur en position couchée du sommet du crâne aux talons. La mesure nécessite trois personnes : une personne, par exemple la mère, maintient le sommet du crâne de l'enfant contre la planchette fixe verticale. L'autre personne exerce une pression ferme sur les genoux afin de les faire toucher la planche horizontale, tout en les joignant. Avec la main libre, l'opérateur déplace le curseur mobile jusqu'à lui faire toucher les talons de l'enfant et lit la taille.

4.8.3. L'âge

L'âge est vérifié par l'équipe de suivi à l'aide du carnet de vaccination de l'enfant.

4.9. Collecte des échantillons biologiques

Les échantillons à analyser sont des prélèvements de sang veineux dans des tubes secs pour les analyses biochimiques et dans des tubes contenant un anticoagulant pour l'hémoglobine.

4.9.1. Matériel de prélèvement

Le matériel comprenait :

- des tubes secs pour la biochimie
- tubes avec anticoagulants EDTA pour le dosage de l'hémoglobine
- et des lames pour la goutte épaisse
- du matériel pur le prélèvement : seringues jetables, coton, alcool et garrots.

4.9.2. Méthodes d'analyses

4.9.2.1. Le dosage de l'hémoglobine

L'hémoglobine est dosée par l'appareil ABX Micros 60. L'hémoglobine contenue dans les érythrocytes est libérée par lyse et forme avec du cyanure de potassium le complexe chromogène cyan-méthémoglobine. Ce complexe est alors mesuré par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 550 nm.

4.9.2.2. Les tests du VIH.

Nous avons utilisé les tests Immuno-Coombs et Génie II pour la détection du VIH.

4.10. Saisie et analyse des données

Les données ont été saisies par le logiciel Epi-info, analysées pour l'anthropométrie par le logiciel ENA. Le logiciel ENA (Emergency Nutrition Assessment) a permis de contrôler et valider la base de données.

Nous avons procédé au traitement des données grâce au logiciel SPSS 10.0.

5. Résultats

5.1. Description de l'échantillon de départ

L'échantillon consistait en trois cohortes d'enfants recrutés à Sabalibougou. Les besoins de l'étude étaient de 50 enfants par cohorte. En prévision des perdus de vue, nous avons pris 193 enfants au lieu de 150. C'est ainsi que l'échantillon se composait de 66 enfants de l'ASACOSAB 1, 67 enfants de l'ASACOSAB 2, et 69 enfants de l'ASACOSAB 3.

Tableau VIII : Description de l'échantillon.

Centres de santé \ Enfants dans l'étude	Total enfants sélectionnés selon l'indice poids/taille	Total enfants séropositifs	Total enfants décédés	Total enfants inclus dans l'étude
ASACO-SAB 2 Farine enrichie SINBA(protocolé 1)	68	5	1	62
ASACO-SAB 3 Farine enrichie au poisson (protocolé2)	74	4	2	68
ASACO-SAB 1 Farine enrichie SINBA-Spiruline (Protocolé 3)	71	6	2	63
TOTAL	213	15	5	193

- Le taux de létalité enregistré au cours de l'étude est de 2,59 %. Les enfants sont décédés des suites de complications de la malnutrition (infections trainantes).
- A la fin de l'étude, notre effectif se chiffrait à **153 enfants**. Sur les 193 enfants, 39 n'ont pas participé aux prélèvements finaux car perdus de vue pour les raisons suivantes : déménagements, voyages, déplacements, divorces, disputes des parents, ou par refus des parents d'effectuer le dernier prélèvement. En fin d'étude, nous avons chiffré les « perdus de vue » à 20,2% des enfants, soit près d'un quart de l'échantillon de départ.
- La prévalence du VIH est estimée à 7,4 % dans notre échantillon.

5.1.1. Répartition de l'échantillon en fonction du sexe

La répartition est donnée par le schéma suivant :

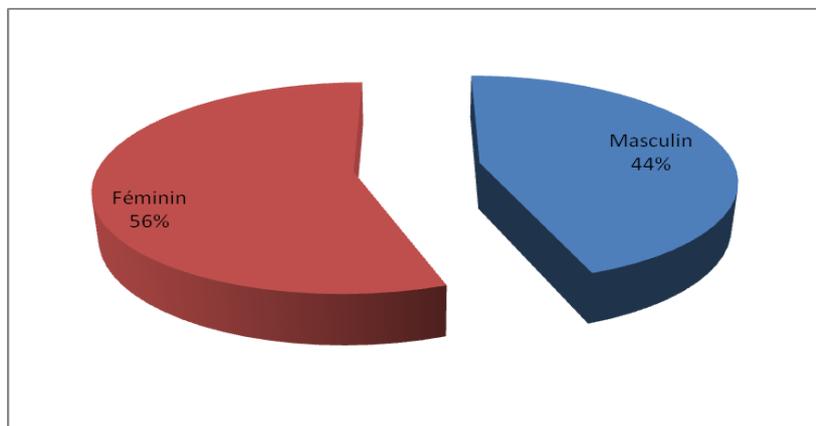


Figure 5 : Répartition de l'échantillon en fonction du sexe.

L'échantillon comprenait davantage d'enfants de sexe féminin (55,6%) que masculin (44,4%).

5.1.1. Répartition de l'échantillon en fonction des protocoles nutritionnels.

Elle est donnée par le tableau ci-après :

Tableau IX : Répartition de l'échantillon en fonction du protocole.

Protocole	Effectif	Pourcentage (%)
Farine seule	50	32,7
Farine-poisson	51	33,3
Farine-spiruline	52	34,0
Total	153	100,0

Les protocoles ont été équitablement affectés aux enfants : 32,7% des enfants seront soumis au protocole farine seule, 33,3% au protocole farine-poisson et 34% au protocole farine-spiruline.

5.1.2. Répartition de l'échantillon en fonction de l'ethnie

Tableau X : Répartition de l'échantillon en fonction de l'ethnie.

Ethnie	Effectif	Pourcentage (%)
Bambara	81	52,9
Peulh	29	19,0
Malinké	19	12,4
Sarakolé	11	7,2
Dogon	5	3,3
Sonrhäi	2	1,3
Senoufo	4	2,6
Autres	2	1,3
Total	153	100,0

Les Bambaras représentent l'ethnie prépondérante avec un taux de 52,9%. Les Peulhs viennent en deuxième position. Les Malinkés occupent le troisième rang avec un taux de 12,4% : ils sont suivis des Sarakolés (7,2%).

5.1.1. Répartition de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.

Tableau XI : Répartition de l'échantillon en fonction des tranches d'âge.

Tranche d'âge	Nombre d'enfants	Pourcentage (%)
6 - 12 mois	77	50,3
13 - 24 mois	63	41,2
25 - 36 mois	12	7,8
37 - 48 mois	1	0,7
49 - 59 mois	0	0
Total	153	100,0

Avec un taux de 50,3%, la tranche d'âge la plus importante est celle des enfants de 6 à 12 mois. Les enfants âgés de 13 à 24 mois représentent 41% de l'échantillon. Ces deux tranches forment l'essentiel de notre échantillon (91,5%). Nous avons eu quelques enfants de la tranche d'âge 25 à 36 mois, et aussi un effectif minime juste un enfant de 37 à 48 mois.

5.1.2. Répartition de l'échantillon en fonction de l'allaitement mixte

Tableau XII : Répartition de l'échantillon en fonction du type d'allaitement.

Allaitement mixte	Effectif	Pourcentage (%)
Oui	3	98,0
Non	150	2,0
Total	153	100,0

La quasi totalité des enfants de notre échantillon, soit 98%, a bénéficié d'un allaitement mixte.

5.1.3. Répartition de l'échantillon en fonction des aliments de complément administrés aux enfants par leur mère.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

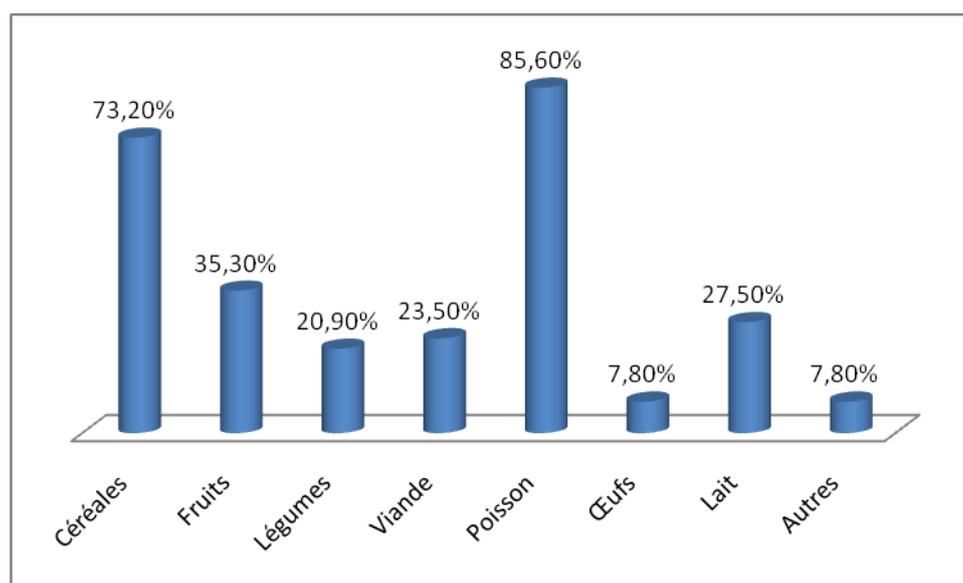


Figure 6 : Répartition de l'échantillon en fonction de l'alimentation de complément.

Le poisson, avec un taux de consommation de 85,6% constitue l'aliment le plus consommé lors de la complémentarité. Il est suivi des céréales avec un taux de 73,2%. Par contre, les œufs et autres aliments présentent le plus faible taux, soit 7,8% d'utilisation.

5.1.4. Répartition de l'échantillon en fonction du statut vaccinal

Chez 97,4% des enfants sélectionnés pour l'étude, la vaccination a été complètement effectuée.

Tableau XIII : Répartition de l'échantillon en fonction du statut vaccinal

Programme vaccinal couvert	Effectif	Pourcentage (%)
Oui	149	97,4
Non	4	2,6
Total	153	100

5.2. Evolution de la malnutrition

5.2.1. Evolution des indices anthropométriques dans l'échantillon.

La validation de la saisie a été effectuée par le logiciel ENA.

L'évolution des indices permet de suivre le passage des enfants d'un stade de malnutrition à un autre, ou mieux, son passage au statut normal. Chaque indice caractérise un état de malnutrition.

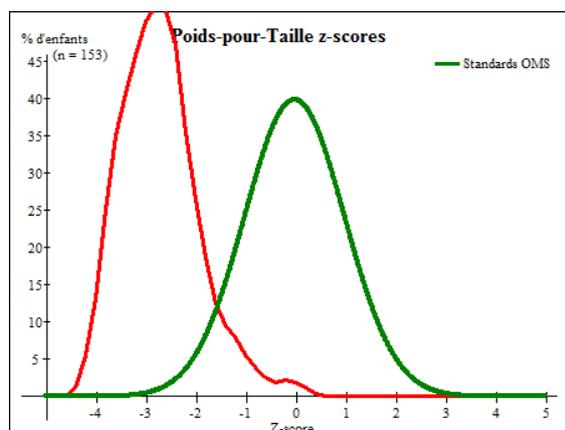
5.2.1.1. Indice Poids/taille

Les résultats obtenus à l'aide du logiciel ENA se résument dans le tableau suivant :

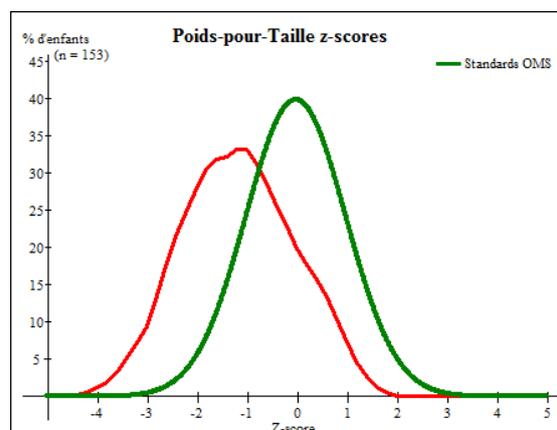
Tableau XV: Prévalence de l'émaciation.

Semaines	Sexe	Emaciation Aiguë		Emaciation modérée		Emaciation sévère	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Semaine 1 (début)	Total	131	85,6%	74	48,4%	57	37,3%
	Masculin	61	89,7%	29	42,6%	32	47,1%
	Féminin	70	82,4%	45	52,9%	25	29,4%
Semaine 9	Total	36	23,5%	30	19,6%	6	3,9%
	Masculin	19	27,9%	16	23,5%	3	4,4%
	Féminin	17	20%	14	16,5%	3	3,5%

Le suivi au début et en fin de protocole donne les courbes ci-dessous:



Mesures Semaine 1



Mesures Semaine 9

Moyenne \pm ET de l'indice P/T: $-2,71 \pm 0,76$ pour la semaine 1,

Moyenne \pm ET of WHZ: $-1,16 \pm 1,08$ pour la semaine 9.

(Intervalle de confiance à 95% supposant un sondage en grappes).

Dans l'échantillon de départ, la prévalence de l'émaciation, est de 85,6% garçons et filles confondus. Les garçons sont à 89,7% alors que les filles enregistrent un taux de 82,4%.

L'émaciation modérée existait au taux de 48,4% dans l'échantillon avec une prédominance chez les filles 52,9% par rapport aux garçons (42,6%).

L'émaciation sévère prévalait au taux de 37,3% dans l'échantillon, et davantage chez les garçons (47,1%) que chez les filles (29,4%).

Après 9 semaines de nutrition thérapeutique, le taux d'émaciation aiguë dans l'effectif total a baissé : il est passé de 85,6% à 23,5% à la fin de l'étude.

L'émaciation modérée se situait à % au départ et a baissé jusqu'à 19,6% à la fin. L'émaciation sévère se retrouve à 3,9% à la fin contre 37,3% au départ (tableau XVI).

Les différents taux montrent une diminution de l'émaciation, prouvée par le déplacement des courbes vers la courbe standard. Le maximum d'enfants malnutris se situait au début aux environs de -2 Z scores, à la fin, ce maximum a atteint -1 Z score. Il y a eu une amélioration de l'état nutritionnel.

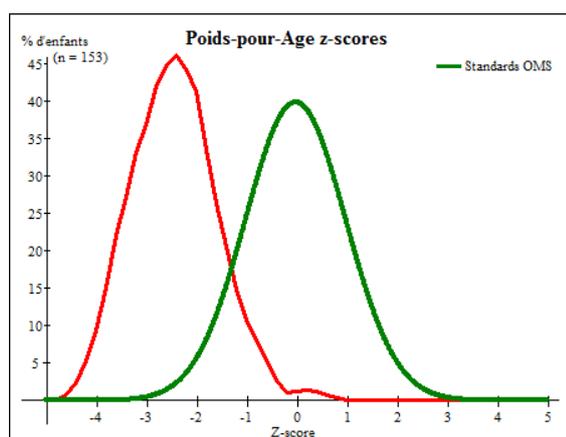
5.2.1.2. Indice Poids /âge

Pour l'indice poids/âge, nous avons obtenu par le logiciel ENA les prévalences résumées dans le tableau ci-après :

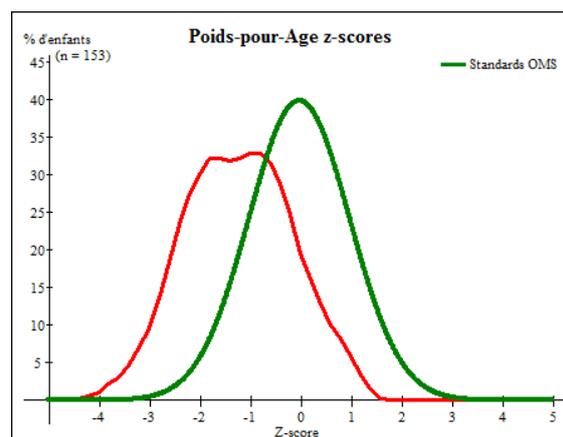
Tableau XV : Prévalence de l'insuffisance pondérale en début et fin d'étude.

Semaines	Sexe	Insuffisance pondérale aiguë		Insuffisance pondérale modérée		Insuffisance pondérale sévère	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Semaine 1 (début)	Total	108	70,6%	68	44,4%	40	26,1%
	Masculin	57	83,8%	31	45,6%	26	38,2%
	Féminin	51	60%	37	43,5%	14	16,8%
Semaine 9 (fin)	Total	41	26,8%	35	22,9%	6	3,9%
	Masculin	27	39,7%	24	35,3%	3	4,4%
	Féminin	14	16,5%	11	12,9%	3	3,5%

Les courbes suivantes sont obtenues d'après les mesures effectuées au cours de la renutrition :



Mesures Semaine 1



Mesures Semaine 9

Moyenne \pm ET de l'indice P/A: $-2,43 \pm 0,83$ pour la semaine 1,

Moyenne \pm ET de l'indice P/A: $-1,23 \pm 1,03$ pour la semaine 9.

(Intervalle de confiance à 95% supposant un sondage en grappes)

La courbe de départ n'est pas superposée à celle des standard OMS, et se trouve largement en deçà des normes. Le maximum d'enfants se retrouve aux environs de -3 Z scores, alors que pour la norme OMS le pic se situe à 0.

70,6% des enfants sont en situation d'insuffisance pondérale modérée.

44,4% des enfants souffrent d'insuffisance pondérale sévère.

A la neuvième semaine de l'étude, la courbe s'est déplacée vers la droite : elle commence aux environs de -4,5 Z scores (qui sont des cas d'insuffisance pondérale très sévère), alors que celle des standard OMS débute à -3 Z scores. Le maximum de la courbe est enregistré -1 Z score. Au départ, il se situait à -3 Z scores, ce qui signifie une amélioration de l'indice P/A, c'est-à-dire de l'insuffisance pondérale. Les prévalences diminuées et sont les suivantes :

- 26,8%, contre 70,6% au départ pour l'insuffisance pondérale,
- 22,9% au lieu de 44,4% au départ pour l'insuffisance pondérale modérée,
- 3,9% au lieu de 26,1% au départ pour l'insuffisance pondérale sévère (d'après le tableau XVII).

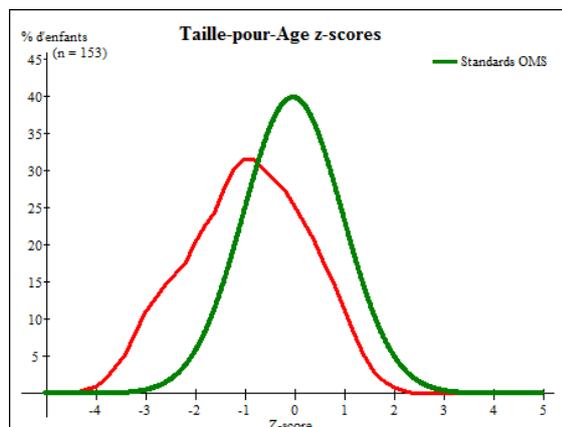
5.2.1.3. Indice taille/âge

Ce tableau obtenu par le logiciel ENA résume l'évolution de l'indice T/A en début et en fin d'étude :

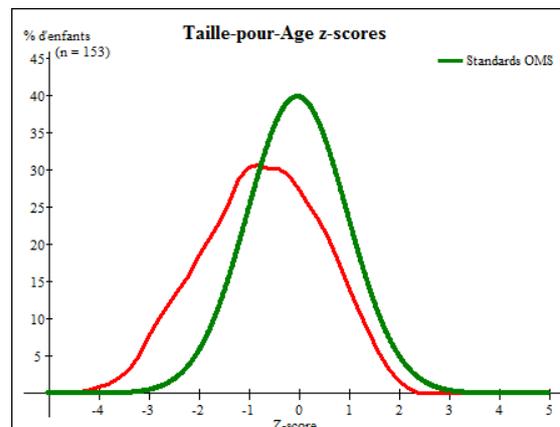
Tableau XVI : Prévalence de la malnutrition chronique en début et fin d'étude.

Semaines	Sexe	Retard de croissance aigu		Retard de croissance modéré		Retard de croissance sévère	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Semaine 1	Total	29	19%	23	15%	6	3,9%
	Masculin	21	30,9%	17	25%	4	5,9%
	Féminin	8	9,4%	6	7,1%	2	2,4%
Semaine 9	Total	24	15,7%	20	13,1%	4	2,6%
	Masculin	18	26,5%	16	23,5%	2	2,9%
	Féminin	6	7,1%	4	4,7%	2	2,4%

Nous avons obtenu les courbes d'évolution de l'indice Poids /taille suivantes :



Mesures Semaine 1



Mesures Semaine 9

Moyenne \pm ET de l'indice T/A: $-0,93 \pm 1,16$ pour la semaine 1,

Moyenne \pm ET de l'indice T/A: $-0,73 \pm 1,16$ pour la semaine 9.

(Intervalle de confiance à 95% supposant un sondage en grappes dans les deux cas)

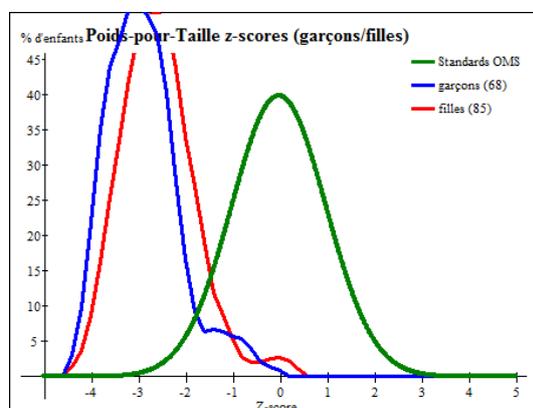
Il n'y a pratiquement pas de changement car, la durée de l'étude ne permet pas aux enfants de grandir suffisamment pour pouvoir constater un changement de l'indice taille /âge. Le retard de croissance résulte d'une malnutrition chronique étendue sur une longue période, et la taille ne varie pas de façon spectaculaire en deux mois.

Le retard de croissance dans l'effectif total prévaut au taux de 15,7% après 60 jours de récupération nutritionnelle, alors qu'il était à 19% au départ, ce qui traduit une très légère amélioration.

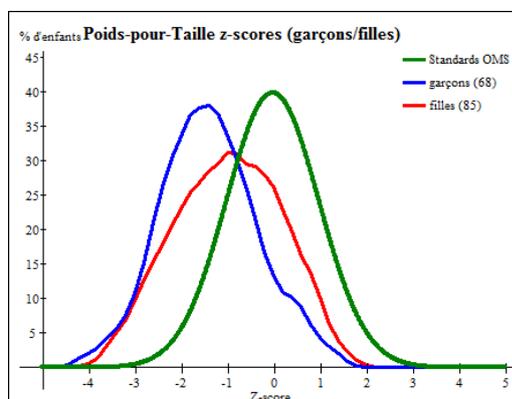
La prévalence du retard de croissance modérée est à 13,1%, contre 15% au début. Le retard de croissance sévère se situe à 2,6% en fin d'étude, alors qu'il était de 3,9% au départ (tableau XVIII).

5.2.2. Indices en fonction du sexe

5.2.2.1. Indice Poids/taille



Semaine 1



Semaine 9

Moyenne \pm ET de l'indice P/T: $-2,71 \pm 0,76$ pour la semaine 1,

Moyenne \pm ET de l'indice P/T: $-1,76 \pm 1,08$ pour la semaine 9.

Intervalle de confiance à 95% supposant un sondage en grappes dans les deux cas.

En début d'enquête comme à la fin, les filles présentent un taux de prévalence de l'émaciation aiguë de 82,4%, légèrement moins bas que les garçons qui se situent à 89,7%.

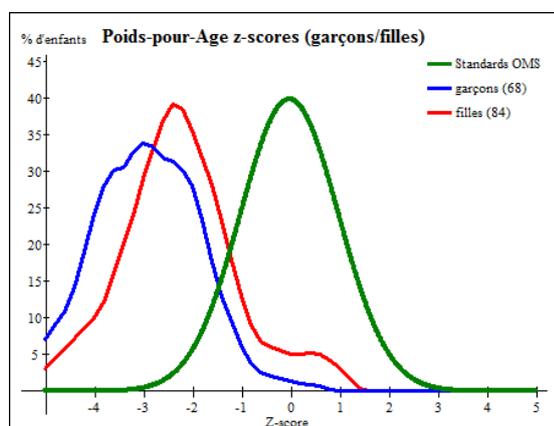
Cependant pour l'émaciation modérée, la prévalence est plus élevée chez les filles (52,9%) que chez les garçons (42,6%). L'inverse est constaté en ce qui concerne les cas sévères. L'émaciation sévère prévaut pour le taux de 47,1% chez le sexe masculin, contre 29,4% chez les filles.

Suite aux 9 semaines de récupération nutritionnelle, le sexe masculin enregistre une prévalence de l'émaciation aiguë à 27,9% contre un taux de départ à 89,7%, soit une nette amélioration (tableau XIV).

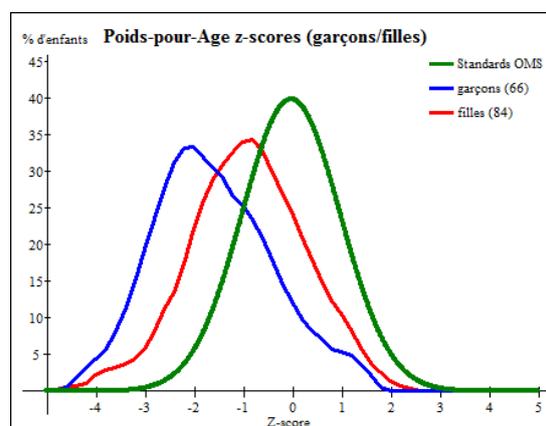
Chez les filles, 16,5% des filles restent en état d'émaciation aiguë après les 60 jours de nutrition thérapeutique.

La tendance de départ est renversée pour les cas modérés : les enfants de sexe masculin présentent davantage de cas d'émaciation modérée (23,5%) que les enfants de sexe féminin (16,5%). Pour les deux sexes, la tendance est à l'amélioration de l'état d'émaciation. (tableau XIV)

5.2.2.2. Indice poids/âge



Semaine 1



Semaine 9

Moyenne \pm ET de l'indice Poids/âge: $-2,43 \pm 0,83$ pour la semaine 1,

Moyenne \pm ET de l'indice Poids/âge: $-1,23 \pm 1,03$ pour la semaine 9.

(Intervalle de confiance à 95% supposant un sondage en grappes dans les deux cas)

Comme pour l'émaciation, l'évolution du rapport Poids/âge est légèrement plus élevée pour le sexe féminin que le sexe masculin.

Le taux de l'insuffisance pondérale se situe à 83,8% au départ chez les garçons, et est à 60% chez les filles, soit environ 25% de moins que chez les garçons.

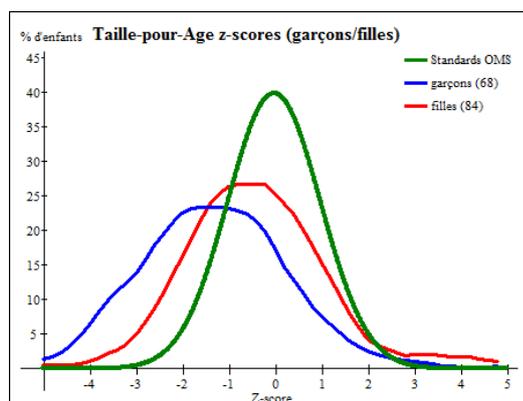
Les garçons présentent pratiquement la même prévalence que les filles (45,6% contre 43,5%) pour l'insuffisance pondérale (IP) modérée. L'insuffisance pondérale sévère prédomine nettement au niveau des enfants de sexe masculin où elle se chiffre à 38,2% ; chez les enfants du sexe féminin où elle est chiffrée à 6,5%.

Suite à la renutrition, la tendance reste la même, chez les deux sexes. Une amélioration notable de l'état d'insuffisance pondérale est enregistrée; la prévalence de l'insuffisance pondérale aiguë passe de 83,7% chez les garçons à 39,7%, soit environ la moitié. Chez les enfants de sexe féminin, le taux a évolué de 60% à 16,8%.

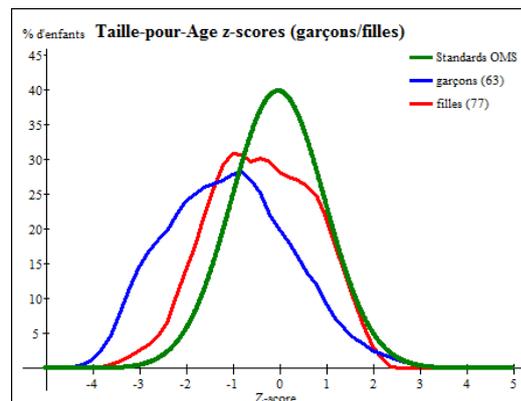
Pour l'IP modérée, le taux de prévalence chez les garçons baisse à 35,5%, chez les filles à 12,9%.

Le taux d'IP sévère a chuté à 4,4% contre 38,2% au départ chez les garçons. Quant aux filles, le taux enregistre une diminution de 16,5% à 3,5% (tableau XV)

5.2.2.3. Indice taille/âge



Semaine 1



Semaine 9

Moyenne \pm ET de l'indice Poids/âge: $-0,93 \pm 1,16$ pour la semaine 1,

Moyenne \pm ET de l'indice Poids/âge: $-0,73 \pm 1,16$ pour la semaine 9.

(Intervalle de confiance à 95% supposant un sondage en grappes dans les deux cas)

Les indices anthropométriques du sexe féminin présentent toujours une petite avance comparée aux garçons dans les indices, y compris pour l'indice taille pour âge qui matérialise le retard de croissance. On ne constate pas d'amélioration nette du retard de croissance. Les pics pour les deux sexes, se situent toujours aux alentours de -2 Z scores.

Dans la population de sexe féminin, le retard de croissance se chiffre à 9,4% en début d'enquête. A la fin, le taux enregistré est de 7,1%.

Chez les enfants de sexe masculin, le taux de prévalence est de 30,9% au départ ; il est de 26,5% après la récupération nutritionnelle (tableau XVI).

5.2.3. Indices en fonction du protocole thérapeutique

Durée de l'étude : L'étude s'est déroulée sur 60 jours. Le suivi des mesures anthropométriques a été effectué de façon hebdomadaire. Le suivi des indices s'étend sur 9 semaines, soit 63 jours.

Les tableaux obtenus donnent les effectifs et les pourcentages d'enfants dans le protocole en fonction des indices anthropométriques.

Les indices : En termes d'indice, le plus parlant est l'indice d'émaciation (Poids/taille), suivi de l'indice taille/âge qui exprime l'insuffisance pondérale. En effet, la durée est suffisante pour pouvoir constater un changement significatif. Par contre, pour l'indice taille/âge qui correspond à la malnutrition chronique, la durée est trop courte pour constater une modification notoire.

5.2.3.1. Indice Poids/taille

L'indice Poids/taille caractérise l'émaciation.

Le test Khi-deux de l'indice P/T obtenu est inférieur ou égal à 0,05 ; ce qui signifie que le croisement Poids/taille avec le protocole thérapeutique est probant et qu'il y a une relation significative entre l'amélioration indice et le protocole suivi.

Les pourcentages correspondent au taux d'enfants dans le protocole concerné.

5.2.3.1.1. En fonction du protocole farine seule.

Suite à 9 semaines de réhabilitation nutritionnelle des enfants, avec un protocole basé sur la farine SINBA enrichie, nous avons enregistré les résultats récapitulés dans le tableau et la figure ci-après :

Tableau XVII : Evolution de l'indice Poids/taille, Protocole farine seule.

Semaine	Normal		Risque d'émaciation		Emaciation modérée		Emaciation sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	1	2	8	16	26	52	15	30	50	100
2	2	4	12	24	25	50	11	22	50	100
3	3	6	16	32	29	58	2	4	50	100
4	5	10	19	38	26	52	0	0	50	100
5	5	10	25	50	20	40	0	0	50	100
6	5	10	34	68	11	22	0	0	50	100
7	5	10	36	72	9	18	0	0	50	100
8	11	22	35	70	4	8	0	0	50	100
9	16	32	32	64	2	4	0	0	50	100

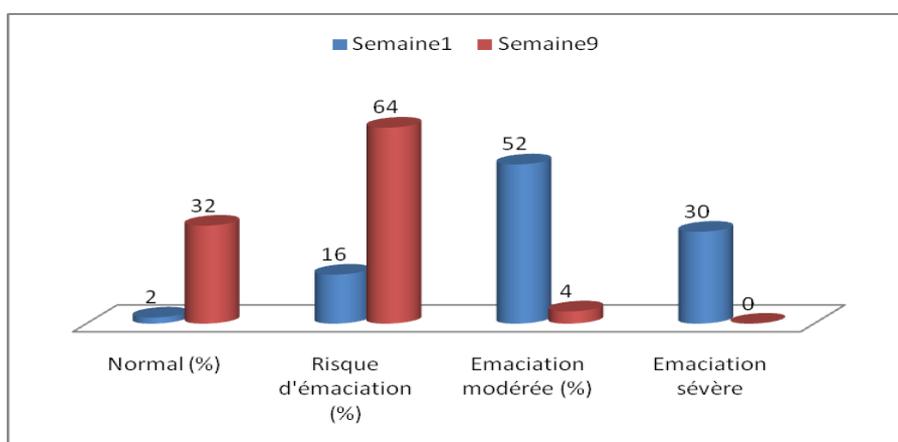


Figure 7 : Evolution de l'émaciation, protocole farine seule.

On constate une augmentation du taux d'enfants normaux de 16 fois plus qu'au départ (2 à 32%), et du taux d'enfants à risque d'émaciation de 4 fois plus qu'en début de renutrition (16 à 64%).

Par contre, le taux d'enfants atteints d'émaciation modérée a fortement diminué ; il est passé de 52 à 4%, soit 13 fois moins qu'en début d'étude.

Il n'y a plus de cas d'émaciation sévère en fin d'étude.

5.2.3.1.2. En fonction du protocole farine-poisson

Tableau XVIII : Evolution de l'indice Poids/taille, Protocole farine-poisson.

Semaine	Normal		Risque d'émaciation		Emaciation modérée		Emaciation sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	3	5,9	8	15,7	28	54,9	12	23,5	51	100
2	8	15,7	17	33,3	21	41,2	5	9,8	51	100
3	19	37,3	21	41,2	9	17,6	2	3,9	51	100
4	28	54,9	18	35,3	5	9,8	0	0	51	100
5	31	60,8	16	31,4	4	7,8	0	0	51	100
6	34	66,7	14	27,5	3	5,9	0	0	51	100
7	42	82,4	8	15,7	1	2	0	0	51	100
8	56	90,2	3	5,9	1	2	0	0	51	100
9	48	98	1	2	0	0	0	0	51	100

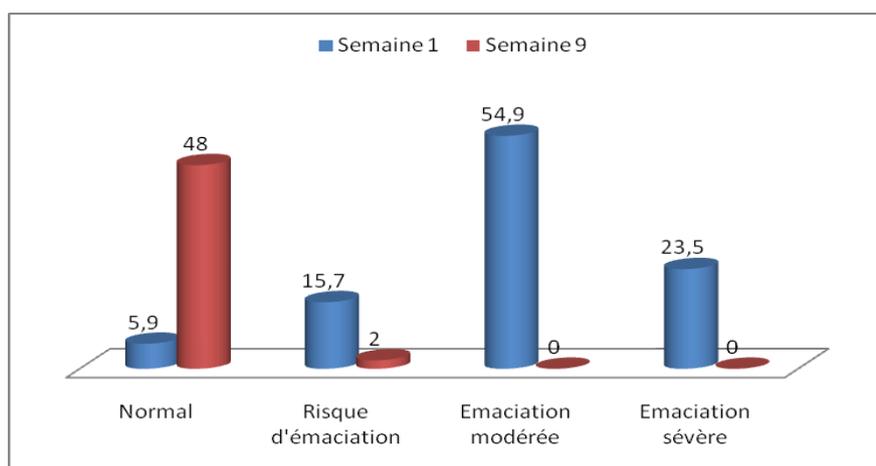


Figure 8 : Evolution de l'émaciation, protocole farine-poisson.

Suite à la renutrition au protocole farine-poisson, il n'y a plus d'enfants en état d'émaciation sévère et modérée.

A la neuvième semaine, le taux d'enfants à risque d'émaciation à la fin est 8 fois inférieur au taux initial.

En fin d'étude, le taux d'enfants normaux qui était à 5,9% à la première semaine s'est élevé à 98%, soit une augmentation de 16,6 fois du taux initial.

La figure 7 met en évidence une récupération nutritionnelle entière pour les enfants sévèrement et modérément émaciés.

5.2.3.1.3. En fonction du protocole farine-spiruline

Tableau XIX : Indice Poids/taille, Protocole farine-spiruline.

Semaine	Normal		Risque d'émaciation		Emaciation modérée		Emaciation sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	0	0	2	3,8	20	38,5	30	57,7	100	52
2	0	0	5	9,6	21	40,4	26	50	100	52
3	0	0	6	11,5	24	46,2	22	42,3	100	52
4	0	0	7	13,5	28	53,8	17	32,7	100	52
5	1	1,9	6	11,5	28	53,8	17	32,7	100	52
6	0	0	8	15,4	30	57,7	14	26,9	100	52
7	0	0	11	21,2	31	59,6	10	19,2	100	52
8	0	0	11	21,2	32	61,5	9	17,3	100	52
9	0	0	18	34,6	28	53,8	6	11,5	100	52

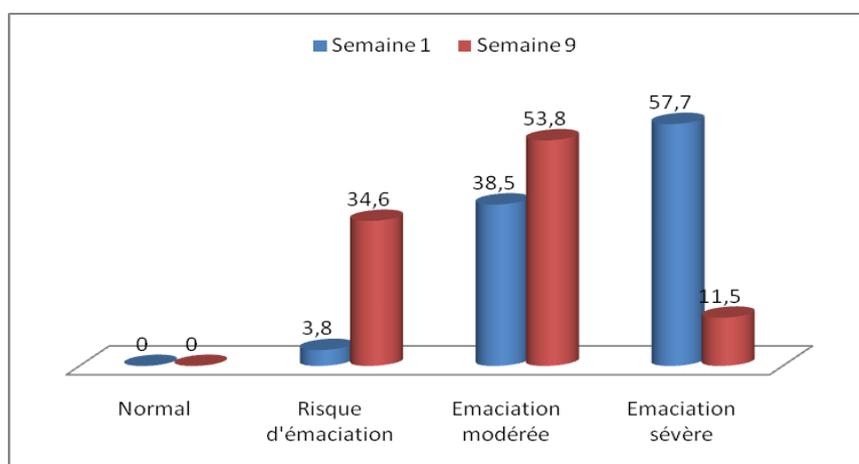


Figure 9 : Evolution de l'émaciation, protocole farine-spiruline.

Avec le protocole farine-spiruline, le nombre d'enfants au stade d'émaciation sévère en fin d'étude a fortement diminué ; le taux initial est réduit de 5 fois en fin d'étude allant de 57,7% à 11,5%.

A l'opposé, le taux d'enfants présentant un risque d'émaciation, ou une émaciation modérée ont respectivement augmenté de 3,8 à 34,6%, et de 38 à 53,8%.

Malgré la renutrition avec de la farine+spiruline, tous les enfants présentement sont encore émaciés après les neuf semaines (figure 9).

➤ **Effet des trois protocoles sur l'émaciation.**

Nous avons utilisé les droites de régression correspondant aux différentes courbes d'évolution des indices. Leur équations nous ont permis de tenir compte des taux de départ pour les différents indices.

Equations des droites de régression :

$$y = ax + b$$

y : ordonnée (taux d'enfants ou effectif dans l'état de malnutrition concerné),

x : abscisse (nombre de semaine),

b : ordonnée à l'origine, b correspond au taux ou à l'effectif de départ. Plus cet effectif de départ sera élevé, plus le taux ou l'effectif y prendra du temps à s'annuler.

a : pente de la droite. Quand a est positif, il devient un coefficient multiplicateur : il multiplie le taux d'enfants ou l'effectif. Par contre, quand il est négatif, a est un coefficient réducteur. Le taux ou l'effectif est divisé par a.

a correspond à l'efficacité à réduire le stade de malnutrition concerné, ou à augmenter le taux dans le stade de malnutrition concerné.

Au départ, le taux d'enfants au stade sévère d'émaciation dans le protocole farine-spiruline se chiffrait à 57,7% (30 enfants), à 30% (15 enfants) pour la farine seule, et à 23,5% (12 enfants) pour la farine-poisson.

- **L'émaciation sévère** a diminué avec les trois protocoles comme le montre la figure 10.

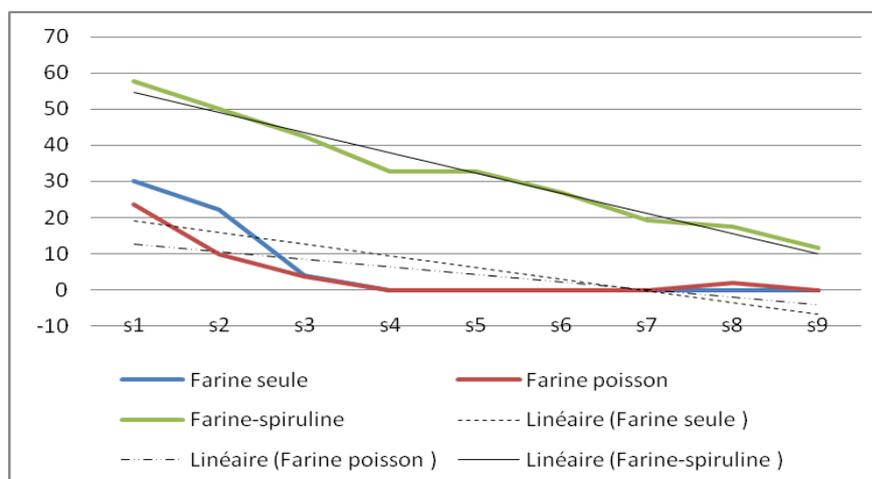


Figure 10 : Evolution de l'émaciation sévère en fonction des protocoles.

Nous avons obtenu les équations des courbes de régression pour les différents protocoles :

Farine seule : $y = -3,233x + 22,389$.

Farine-poisson : $y = -2,0867x + 14,737$.

Farine-spiruline : $y = -5,5817x + 60,164$.

Dans l'ordre, la pente pour le protocole farine-spiruline est la plus élevée, puis la farine seule, et la farine poisson en troisième position.

- L'émaciation modérée est réduite avec les protocoles farine seule et farine poisson. Par contre elle augmente avec la farine-spiruline. (figure 11) ; elle augmente le taux d'émaciation modérée.

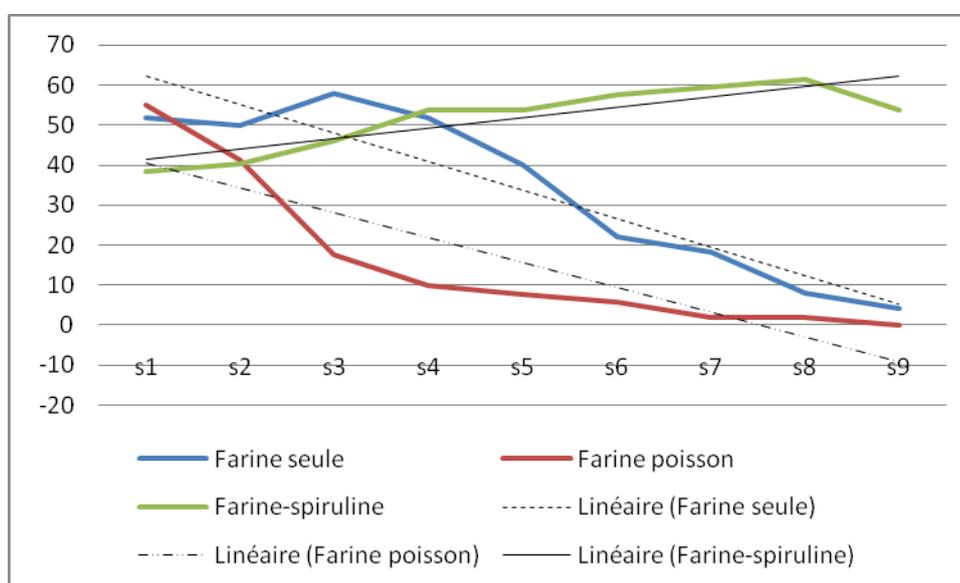


Figure 11 : Evolution de l'émaciation modérée en fonction des protocoles.

Les équations des courbes de régression sont les suivantes :

Farine seule : $y = -7,1333x + 69,444$.

Farine-poisson : $y = -6,205x + 46,714$.

Farine-spiruline : $y = +2,587x + 38,767$.

- Le taux d'enfants à risque d'émaciation est décroissant pour tous les trois protocoles (figure12).

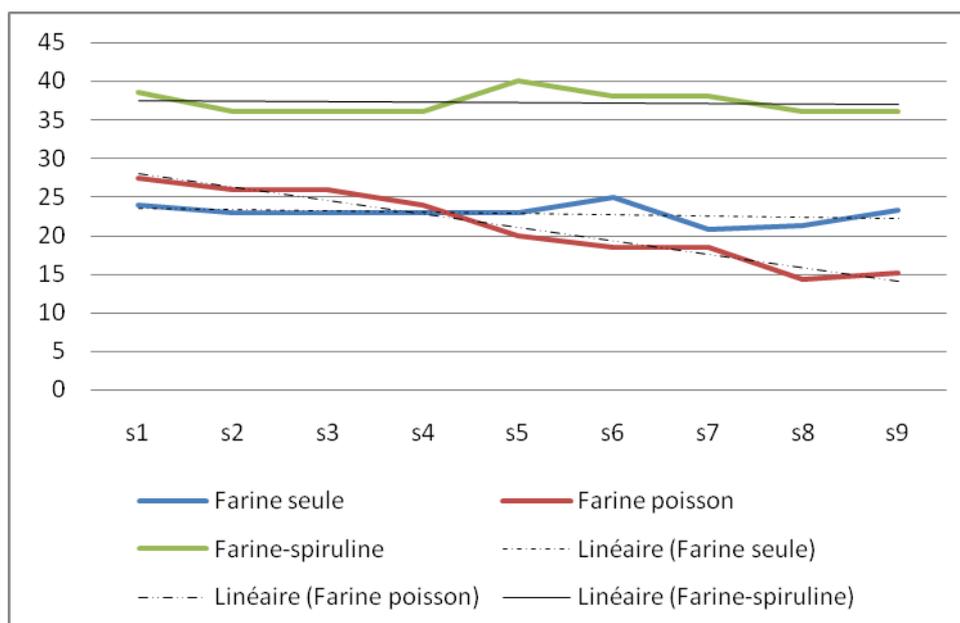


Figure 12 : Evolution du risque d'émaciation en fonction des protocoles.

Les équations des courbes de régression obtenues sont les suivantes :

Farine seule : $y = -0,155x + 23,675$.

Farine-poisson : $y = -1,7517x + 29,847$.

Farine-spiruline : $y = -0,0667 + 37,5$.

La pente du protocole farine-poisson à 1,7517 est la plus élevée. Ce protocole réduit le taux d'enfants présentant un risque d'émaciation de 1,75 fois par rapport au départ.

La pente obtenue avec le protocole farine seule est de 0,155, soit 11,3 fois plus faible que celle de la farine-poisson. Avec la farine-spiruline la pente est de 0,0667, soit 26,26 fois plus faible que celle de la farine-poisson.

5.2.3.2. Indice Poids/âge.

Pour cet indice, le test Khi-deux indique une relation significative entre l'indice Poids/âge et le protocole utilisé. Il est partout inférieur à 0,05 ; l'indice varie donc en fonction du protocole suivi.

5.2.3.2.1. En fonction du protocole farine seule

Tableau XX : Evolution de l'indice Poids/âge, Protocole farine seule.

Semaine	Normal		Risque d'insuffisance pondérale		Insuffisance pondérale modérée		Insuffisance pondérée sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	2	4	11	22	28	56	9	18	50	100
2	4	8	14	28	24	48	8	16	50	100
3	4	8	23	46	16	32	14	14	50	100
4	4	8	28	56	14	28	4	8	50	100
5	6	12	31	62	10	20	3	6	50	100
6	7	14	32	64	9	18	2	4	50	100
7	11	22	30	60	9	18	0	0	50	100
8	18	36	23	46	8	16	1	2	50	100
9	23	46	19	38	8	16	0	0	50	100

Après les neuf semaines, le taux d'enfants souffrant d'insuffisance pondérale modérée a diminué. Tous les enfants ont dépassé le stade d'insuffisance pondérale sévère. Le taux d'enfants présentant un risque d'insuffisance pondérale est passé de 22 à 38%, soit une augmentation de 16%.

Le taux d'enfants en situation normale est de 11,5 fois supérieur à celui du départ.

5.2.3.2.2. En fonction du protocole farine -poisson.

Tableau XXI : Evolution de l'indice Poids/âge, Protocole farine-poisson.

Semaine	Normal		Risque d'insuffisance pondérale		Insuffisance pondérale modérée		Insuffisance pondérée sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	5	9,8	18	35,3	22	43,1	6	11,8	51	100
2	9	17,6	20	39,2	18	35,3	4	7,8	51	100
3	17	33,3	21	41,2	12	23,5	1	2	51	100
4	21	41,2	22	43,1	7	13,7	1	2	51	100
5	28	54,9	16	31,4	7	13,7	0	0	51	100
6	33	64,7	15	29,4	3	5,9	0	0	51	100
7	33	64,7	17	33,3	1	2	0	0	51	100
8	40	78,4	9	17,6	2	3,9	0	0	51	100
9	41	82	9	18	0	0	0	0	51	100

L'effectif d'enfants normaux suite à la renutrition farine-poisson est de 8,2 fois supérieur à celui du départ.

Le nombre d'enfants présentant un risque d'insuffisance pondérale a été réduit de moitié.

Les stades d'insuffisance pondérale sévère et modérée n'existent plus après les neuf semaines.

5.2.3.2.3. En fonction du protocole farine-spiruline

Tableau XXII : Evolution de l'indice Poids/âge, Protocole farine-spiruline.

Semaine	Normal		Risque d'insuffisance pondérale		Insuffisance pondérale modérée		Insuffisance pondérée sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	1	1,9	8	15,4	18	34,6	25	48,1	52	100
2	0	0	10	19,2	21	40,4	21	40,4	52	100
3	1	1,9	10	19,2	23	44,2	18	34,6	52	100
4	2	3,8	7	13,5	27	51,9	16	30,8	52	100
5	3	3,8	8	15,4	29	55,8	12	23,1	52	100
6	2	3,8	11	21,2	28	53,8	11	21,2	52	100
7	2	3,8	15	28,8	28	53,8	7	13,5	52	100
8	2	3,8	16	30,8	27	51,9	7	13,5	52	100
9	2	3,8	17	32,7	27	51,9	6	11,5	52	100

Le taux d'enfants normaux est passé de 1,9% au début à 3,8% en fin d'étude (1,9 à 3,8%), tout comme le taux d'enfants à risque d'insuffisance pondérale. Le taux d'enfants au stade modéré est passé de 18 à 27%.

Seul le stade sévère enregistre une diminution du taux. Ainsi, en fin d'étude, le taux est réduit au quart du taux initial.

Avec le protocole farine-poisson, le taux d'enfants normaux se situe à 82%, pour 18% d'enfants à risque d'insuffisance pondérale. Il n'existe plus d'enfants en situation d'insuffisance pondérale modérée, ni d'insuffisance pondérale sévère.

Dans le protocole farine seule, suite aux 9 semaines de récupération thérapeutique 16% d'enfants demeurent en état d'insuffisance pondérale modérée, par contre aucun enfant n'est au stade sévère. Avec la farine-spiruline, la moitié du nombre total d'enfants se situe en insuffisance pondérale modérée. Il reste toujours 11,5% au stade sévère. Seuls 3,8% se situent dans les normes.

➤ **Effet des trois protocoles sur l'IP.**

- **Concernant l'IP sévère :** les courbes nous montrent que la tendance est à la réduction de l'IP sévère (courbes décroissantes), quel que soit le protocole (figure 13).

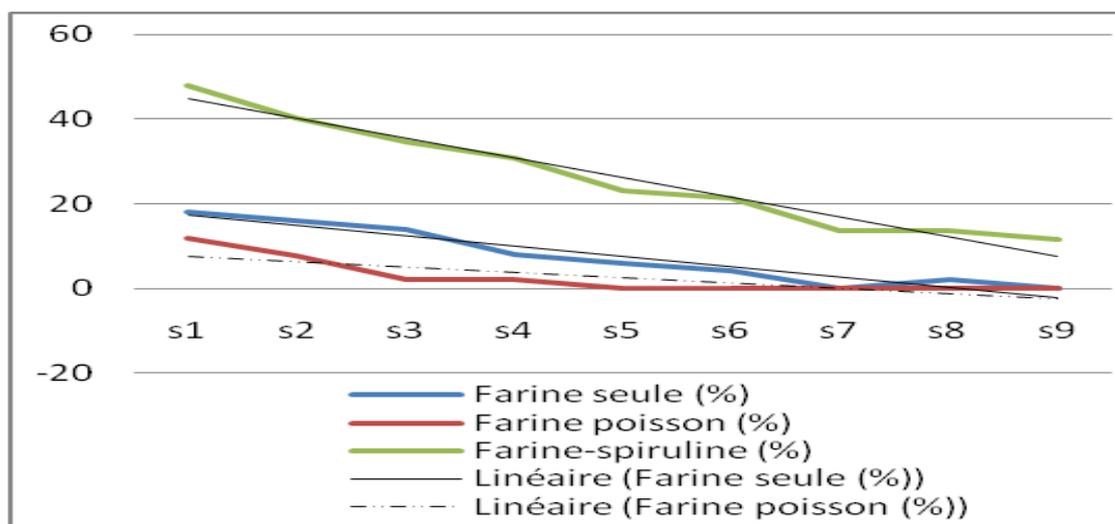


Figure 13 : Evolution de l'insuffisance pondérale sévère en fonction des protocoles.

Les équations des courbes de régression sont les suivantes :

Farine seule : $y = -2,4333x + 19,722$.

Farine-poisson : $y = -1,2767x + 9,0056$.

Farine-spiruline : $y = -4,6483x + 49,542$.

Les pentes sont dans l'ordre décroissant : celle du protocole farine-spiruline, celle du protocole farine seule et en dernière position la pente du protocole farine-poisson.

- **Pour l'IP modérée :** les courbes des protocoles farine seule et farine-poisson sont descendantes. Elles donnent une réduction de l'IP modérée. La farine-spiruline augmente le taux d'IP modérée.

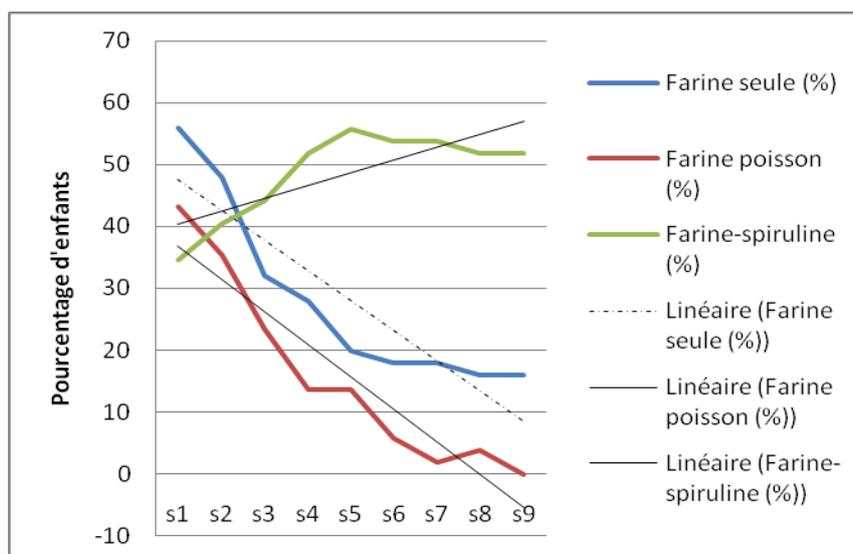


Figure 14 : Evolution de l'insuffisance pondérale modérée en fonction des protocoles.

Les équations des courbes de régression sont :

Farine seule : $y = -4,9x + 52,5$.

Farine-poisson : $y = -5,29x + 42,128$.

Farine-spiruline : $y = 2,08x + 38,3$.

- **Le taux d'enfants présentant un risque d'IP** tend à diminuer avec le protocole farine-poisson (figure 13). Par contre, les protocoles farine-spiruline et farine seule induisent une augmentation du taux d'enfants à risque d'IP.

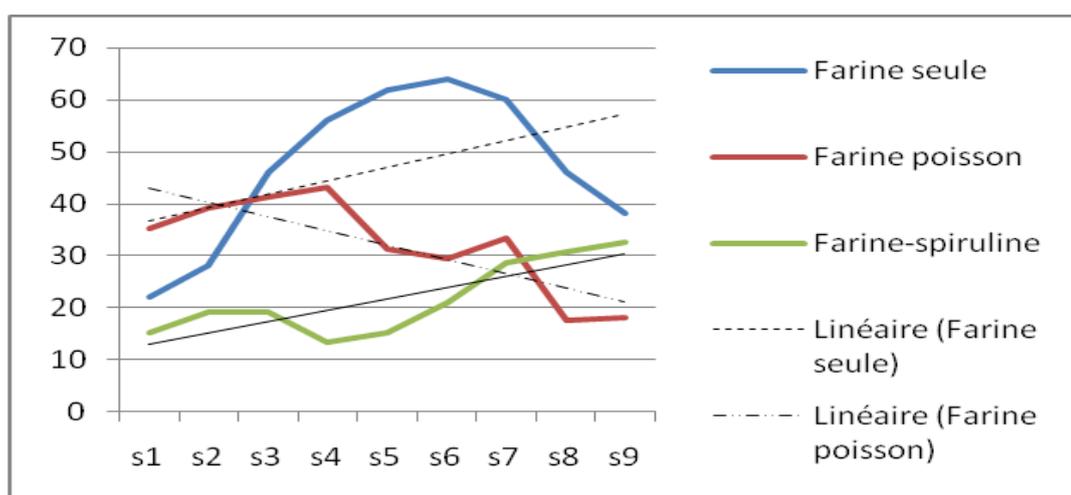


Figure 15 : Evolution du risque d'insuffisance pondérale en fonction des protocoles.

On obtient les équations de régression ci-après :

Farine seule : $y = 2,5667x + 34,056$.

Farine-poisson : $y = -2,725x + 45,681$.

Farine-spiruline : $y = 2,1817x + 10,892$.

La réduction du risque d'IP n'est assurée que par le protocole farine-poisson (pente négative).

5.2.3.3. Indice taille/âge.

Nous avons obtenu les tableaux suivants :

5.2.3.3.1. En fonction du protocole farine seule.

Tableau XXIII : Evolution de l'indice Taille/âge, Protocole farine seule.

Semaine	Normal		Risque de malnutrition chronique		Malnutrition chronique modérée		Malnutrition chronique sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	28	56	12	24	8	16	2	4	50	100
2	27	56,3	11	22,9	8	16,7	2	4,2	48	100
3	27	56,3	11	22,9	8	16,7	2	4,2	48	100
4	27	56,3	11	22,9	8	16,7	2	4,2	48	100
5	27	56,3	11	22,9	9	18,8	1	2,1	48	100
6	27	56,3	12	25	8	16,7	1	2,1	48	100
7	29	60,4	10	20,8	8	16,7	1	2,1	48	100
8	28	59,6	10	21,3	8	17	1	2,1	47	100
9	28	59,6	11	23,4	7	14,9	1	2,1	47	100

Le nombre d'enfants normaux est resté le même à la fin de l'étude. L'effectif final des enfants souffrant de malnutrition chronique sévère a été réduit de moitié. Le taux d'enfants à risque de MC n'a pratiquement pas changé (24 à 23,4%), celui des enfants atteints de malnutrition chronique modérée a diminué (16 à 14,9%). Il en est de même pour les enfants présentant un risque de malnutrition chronique.

Pour cet indice, les variations sont très discrètes.

5.2.3.3.2. En fonction du protocole farine-poisson

Tableau XXIV : Evolution de l'indice Taille/âge, Protocole farine-poisson.

Semaine	Normal		Risque de malnutrition chronique		Malnutrition chronique modérée		Malnutrition chronique sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	32	62,7	14	27,5	4	7,8	1	2	51	100
2	32	64	13	26	4	8	1	2	50	100
3	32	64	13	26	4	8	1	2	50	100
4	33	66	12	24	4	8	1	2	50	100
5	35	70	10	20	4	8	1	2	50	100
6	35	71,4	9	18,4	3	8,2	1	2	49	100
7	36	73,5	9	18,4	3	6,1	1	2	49	100
8	38	77,6	7	14,3	3	6,1	1	2	49	100
9	35	76,1	7	15,2	3	6,5	1	2,2	46	100

L'amélioration est moindre au niveau de la catégorie des enfants normaux (32 à 35%). Le taux d'enfants présentant un risque de malnutrition chronique est réduit de moitié. Celui des enfants en situation de MC modérée est passé de 7,8 à 6,5%. La prévalence de la MC sévère n'a pratiquement pas changé (2 à 2,2%). La durée de l'étude n'est pas suffisante pour pallier aux carences accumulées par les enfants et enregistrer des modifications intéressantes.

5.2.3.3.3. En fonction du protocole farine-spiruline

Tableau XXV : Evolution de l'indice Taille/âge, Protocole farine-spiruline.

Semaine	Normal		Risque de malnutrition chronique		Malnutrition chronique modérée		Malnutrition chronique sévère		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
1	18	34,6	20	38,5	11	21,2	3	5,8	52	100
2	18	36	18	36	11	22	3	6	50	100
3	18	36	18	36	11	22	3	6	50	100
4	18	36	18	36	11	22	3	6	50	100
5	18	36	20	40	10	20	2	4	50	100
6	19	38	19	38	10	20	2	4	50	100
7	19	38	19	38	10	20	2	4	50	100
8	20	40	18	36	10	20	2	4	50	100
9	20	40	18	36	10	20	2	4	50	100

Le taux de MC modérée et sévère a légèrement baissé, passant de 21,2 à 20%, et celui de MC sévère de 5,8 à 4%.

Le taux d'enfants normaux a augmenté de 34,6 à 40%..

L'évolution du retard de croissance exprimé est très faible. Comme précédemment signalé, la durée de l'étude est insuffisante pour enregistrer une amélioration en terme de retard de croissance.

L'indice taille/âge a évolué de manière très discrète au niveau des trois protocoles.

5.2.3.4. Gain en poids et en taille.

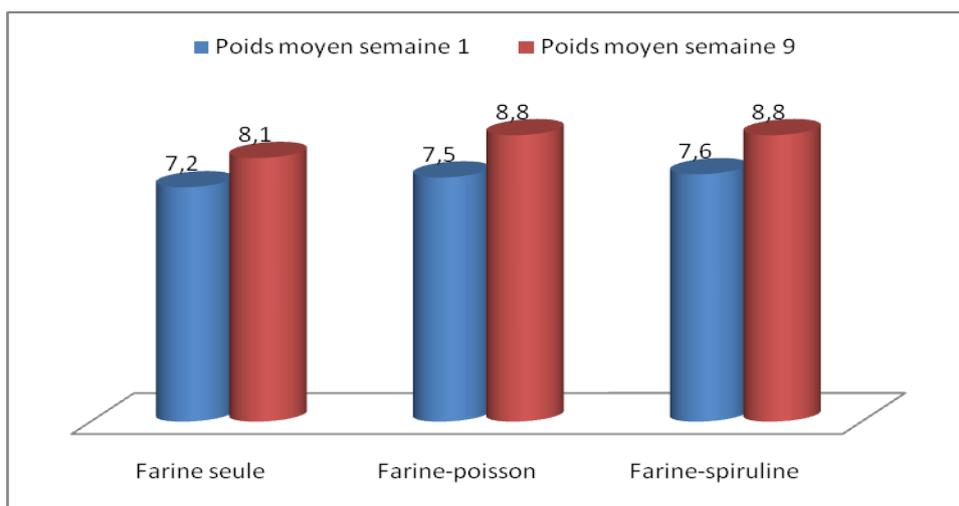


Figure 16 : Evolution pondérale moyenne selon les protocoles (en kilogrammes).

La prise moyenne de poids la plus élevée est celle obtenue par le protocole farine poisson avec 1,316 kg pour les 9 semaines. Suivent le protocole farine-spiruline avec 1,219 kg et le protocole témoin farine seule avec 0,822kg (voir Annexes tableau I).

Nous avons obtenu la figure ci-après :

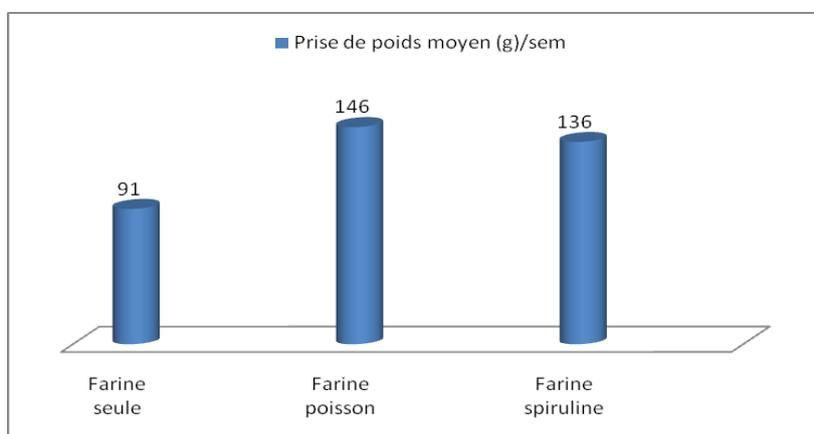


Figure 17 : Prise de poids hebdomadaire en fonction du protocole.

- En terme d'allongement, le protocole farine seule (protocole témoin) donne les meilleurs résultats soit 5,6 mm contre 5,4 mm pour la farine-spiruline et 4,79mm pour la farine-poisson (voir Annexes tableau II et IX)

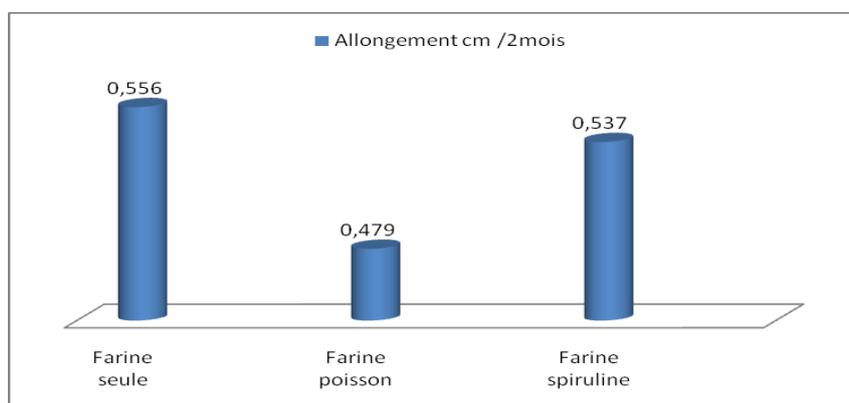


Figure 18: Croissance staturale en fonction du protocole.

5.2.4. Indices tous protocoles confondus.

5.2.4.1. Indices en fonction du sexe :

Les pourcentages correspondent au taux dans la population de sexe masculin ou féminin. D'après le test du khi-deux au cours de la récupération nutritionnelle, **il n'y a pas d'influence du sexe sur les indices** ; toutes les valeurs du test sont supérieures à 0,05.

5.2.4.1.1. Indice Poids/âge en fonction du sexe.

Tableau XXVIII : Evolution de l'indice Poids/âge, tous protocoles confondus.

Sexe	Semaine	Normale		Risque IP		IP modérée		IP sévère		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Masculin	1	4	5,9	17	25	30	44,1	17	25	68	100
Masculin	5	16	23,5	24	35,3	22	32,4	6	8,8	68	100
Masculin	9	26	38,2	24	35,3	16	23,5	2	2,9	68	100
Féminin	1	4	4,7	20	23,5	38	44,7	23	27,1	85	100
Féminin	5	21	24,7	31	36,5	24	28,2	9	10,6	85	100
Féminin	9	40	47,6	21	25	19	22,6	4	4,8	84	100
Total	1	8	5,2	37	24,2	68	44,4	40	26,1	153	100
Total	5	37	24,2	55	35,9	46	30	15	9,8	153	100
Total	9	66	43,4	45	29,6	35	23	6	3,9	153	100

Au niveau des deux sexes, les tendances sont les mêmes. Une augmentation de l'effectif d'enfants normaux et à risque d'insuffisance pondérale est observée ; le nombre d'enfants normaux est de huit fois supérieur à celui de départ, et de 7 fois supérieur à celui de départ pour les enfants à risque d'IP.

On enregistre également une baisse de l'effectif des enfants présentant une insuffisance pondérale modérée et sévère : l'IP modérée a été réduite de moitié en fin d'études, et l'IP sévère réduite de six fois moins qu'au départ.

5.2.4.1.2. Indice Taille/âge

L'évolution de la tendance de cet indice est comparable chez les deux sexes : elle se résume en une augmentation de l'effectif d'enfants normaux, et une diminution chez les enfants à risque de malnutrition chronique, à malnutrition chronique modérée, et à malnutrition chronique sévère.

Tableau XXIX : Evolution de l'indice Taille/âge, tous protocoles confondus.

Indice Taille/âge											
Sexe	Semaine	Normal		Risque Malnutrition Chronique		IP moyenne		Malnutrition Chronique sévère			
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Masculin	1	38	56	18	27	10	15	2	3	68	100
Masculin	5	37	56	17	26	10	15	2	3	66	100
Masculin	9	37	59	15	24	9	14	2	3	63	100
Féminin	1	40	47	28	33	13	15	4	5	85	100
Féminin	5	40	52	28	29	13	16	4	2	85	100
Féminin	9	43	58	24	26	13	14	2	3	82	100
Total	1	78	51	46	30	23	15	6	4	153	100
Total	5	80	54	41	28	23	16	4	3	148	100
Total	9	83	58	36	25	20	14	4	3	143	100

5.2.4.1.3. Indice Poids/taille en fonction du sexe.

Tableau XXX : Evolution de l'indice Poids/taille, tous protocoles confondus.

Poids/taille											
Sexe	Semaine	Normal		Risque d'émaciation		Emaciation modérée		Emaciation sévère		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Masculin	1	0	0	13	19,1	34	50	21	30,9	68	100
Masculin	5	15	22,1	25	36,8	19	27,9	9	13,2	68	100
Masculin	9	25	37,9	25	37,9	11	16,7	5	7,6	66	100
Féminin	1	4	4,7	5	5,9	40	47,1	36	42,4	85	100
Féminin	5	22	25,9	22	25,9	33	38,8	8	9,4	85	100
Féminin	9	39	45,9	26	30,6	19	22,4	1	1,2	85	100
Total	5	4	2,6	18	11,8	74	48,4	57	37,3	153	100
Total	9	37	24,2	47	30,7	52	34	17	11,1	153	100
Total	1	64	42,4	51	33,8	30	19,9	6	4	151	100

L'évolution de l'indice est la même pour tous sexes confondus. On constate une augmentation de l'indice P/T chez les garçons et les filles. Les garçons ont un effectif augmenté d'environ dix fois, chez les filles, le nombre est passé de 0 à 25.

Les taux d'émaciation modérée et sévère ont baissé, la tendance est la même chez tous les enfants, tous sexes confondus.

5.2.4.2. Indices en fonction de la tranche d'âge

Pour ces tableaux croisés, le test de khi2 n'indique pas de relation entre la tranche d'âge et les trois indices.

Les pourcentages mentionnés correspondent aux pourcentages d'enfants dans la tranche d'âge.

5.2.4.2.1. Indice Poids/âge

Tableau XXXI : Evolution de l'indice Poids/âge, en fonction de la tranche d'âge.

Tranche d'âge	Semaine	Normal		Risque d'Insuffisance Pondérale		Insuffisance Pondérale moyenne		Insuffisance Pondérale sévère		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
6 à 12	1	6	7,8	19	24,7	31	40,3	21	27,3	77	100
6 à 12	5	21	27,3	29	37,7	21	27,3	6	7,8	77	100
6 à 12	9	38	49,4	25	32,5	12	15,6	2	2,6	77	100
13 à 24											
13 à 24	1	2	3,2	15	23,8	32	50,8	14	22,2	63	100
13 à 24	5	14	22,2	21	33,3	20	31,9	8	12,7	63	100
13 à 24	9	25	40,3	15	24,2	19	30,6	3	4,8	63	100
25 à 36											
25 à 36	1	0	0	2	16,7	5	41,7	5	41,7	12	100
25 à 36	5	1	8,3	5	41,7	5	41,7	1	8,3	12	100
25 à 36	9	2	16,7	5	41,7	4	33,3	1	8,3	12	100
37 à 48											
37 à 48	1	0	0	1	100	0	0	0	0	1	100
37 à 48	5	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100
37 à 48	9	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100
Total											
Total	1	8	5,2	37	24,2	68	44,4	40	26,1	153	100
Total	5	37	24,2	55	35,9	46	30,1	15	9,8	153	100
Total	9	66	43,4	45	29,6	35	23	6	3,9	153	100

D'une manière générale, l'indice évolue dans le même sens, quel que soit la tranche d'âge concernée. La tendance est à une augmentation du nombre d'enfants normaux, et d'enfants à risque d'insuffisance pondérale.

On note une diminution du taux d'enfants souffrant d'insuffisance pondérale modérée et sévère.

5.2.4.2.2. Indice Taille/âge

Tableau XXXII : Evolution de l'indice Taille/âge, en fonction de la tranche d'âge.

Tranche d'âge	Semaine	Normal		Risque Malnutrition Chronique		Malnutrition Chronique moyenne		Malnutrition Chronique sévère		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
6 à 12	1	37	48,1	30	39	7	9,1	3	3,9	77	100
6 à 12	5	38	52,1	26	35,6	8	11	1	1,4	73	100
6 à 12	9	40	55,6	24	33,3	6	8,3	2	2,8	72	100
13 à 24	1	38	60,3	11	17,5	12	19	2	3,2	63	100
13 à 24	5	39	61,9	11	17,5	11	17,5	2	3,2	63	100
13 à 24	9	38	64,4	10	16,9	10	16,9	1	1,7	59	100
25 à 36	5	3	25	4	33,3	4	33,3	1	8,3	12	100
25 à 36	9	3	27,3	3	27,3	4	36,4	1	9,1	11	100
25 à 36	1	4	36,4	2	18,2	4	36,4	1	9,1	11	100
37 à 48	9	0	0	1	100	0	0	0	0	1	100
37 à 48	1	0	0	1	100	0	0	0	0	1	100
37 à 48	5	0	0	1	100	0	0	0	0	1	100
Toutes tranches	1	78	51	46	30,1	23	15	6	3,9	153	100
Toutes tranches	5	80	54,1	41	27,7	23	15,5	4	2,7	148	100
Toutes tranches	9	83	58	36	25,2	20	14	4	2,8	143	100

La tendance générale de l'indice Taille/âge est globalement respectée au niveau des différentes tranches d'âge. Une légère augmentation de l'effectif d'enfants normaux (sauf pour la tranche de 13 à 24 mois où elle reste la même) et une baisse des effectifs au niveau des enfants à risque de MC, de MC modérée et MC sévère.

L'enfant de la tranche de 37 à 48 mois demeure au stade de risque de MC.

5.2.4.2.3. Indice Poids/taille

Tableau XXXIII : Evolution de l'indice Poids/âge, en fonction de la tranche d'âge.

Tranche d'âge	Semaine	Normal		Risque d'émaciation		Emaciation modérée		Emaciation sévère		Total	
		Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
6 à 12	1	2	2,6	10	13	35	45,5	30	39	77	100
6 à 12	5	22	28,6	19	24,7	31	40,3	5	6,9	77	100
6 à 12	9	36	47,4	25	32,9	14	18,4	1	1,3	76	100
13 à 24	1	2	1,6	8	12,7	30	47,6	24	38,1	63	100
13 à 24	5	12	19	22	34,9	18	28,6	11	17,5	63	100
13 à 24	9	24	38,7	20	32,3	13	21	5	8,1	62	100
25 à 36	1	1	8,3	0	0	8	66,7	3	25	12	100
25 à 36	5	2	16,7	6	50	6	25	3	8,3	12	100
25 à 36	9	3	25	6	50	3	25	0	0	12	100
37 à 48	1	0	0	0	0	1	100	0	0	1	100
37 à 48	5	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100
37 à 48	9	1	100	0	0	0	0	0	0	1	100
Toutes tranches	1	4	2,6	18	1,8	74	48,4	57	37,3	153	100
Toutes tranches	5	37	24,2	47	30,7	52	34	17	11,1	153	100
Toutes tranches	9	64	42,4	51	33,8	30	19,9	6	4	151	100

On constate les mêmes variations au niveau des différentes tranches d'âge. Hormis dans la tranche de 37-48 mois, il est constaté un accroissement de l'effectif normal et de l'effectif à risque d'émaciation, et une diminution du nombre d'enfants souffrant d'émaciation modérée et sévère.

5.3. Evolution de l'état d'anémie : suivi du taux d'hémoglobine.

5.3.1. Evolution du statut anémique (taux d'hémoglobine) en fonction du protocole.

Le pourcentage correspond au pourcentage d'enfants dans le protocole thérapeutique concerné.

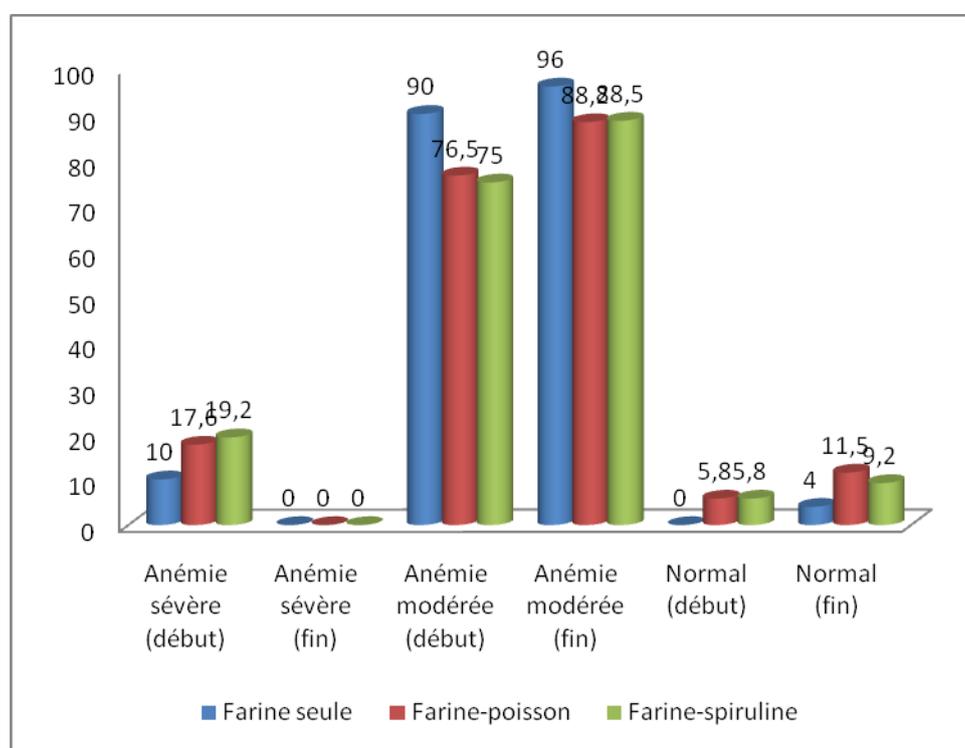


Figure 19 : Evolution du statut anémique en fonction du protocole (%).

L'anémie sévère, existante au début de l'enquête, a complètement disparu au niveau des trois cohortes d'enfants.

Quant à l'anémie modérée, elle a relativement augmenté au niveau de tous les protocoles, mais davantage pour le protocole farine seule.

Le taux d'enfants normaux est le même pour les protocoles farine-poisson et farine spiruline, soit 11,5%. Pour le protocole farine simple, le taux enregistré est le plus faible, seulement 4% (voir Annexes tableau III).

L'état d'anémie est indépendant du protocole utilisé, la confirmation est donnée par le Test du KHI 2 qui est supérieur à 0,05.

5.3.2. Evolution du statut anémique (taux d'hémoglobine) en fonction du sexe.

Le pourcentage correspond au pourcentage d'enfants du sexe concerné.

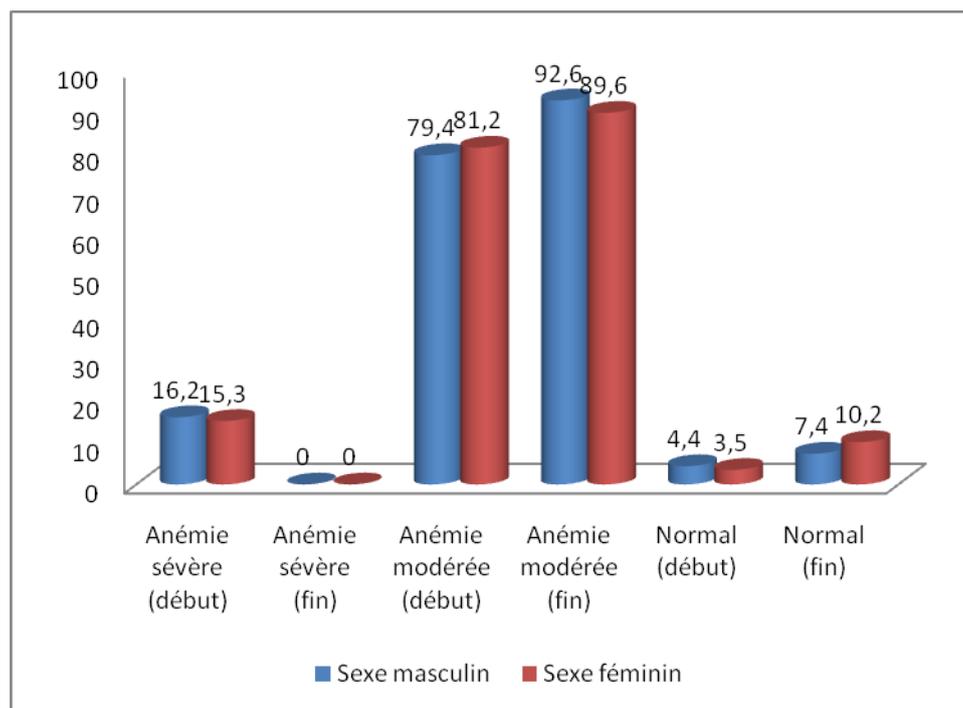


Figure 20 : Evolution du statut anémique en fonction du sexe (%).

Au départ, l'anémie sévère avait une prévalence similaire au niveau des enfants de sexe masculin comme féminin. En fin de renutrition, aucun enfant ne présente un état d'anémie sévère (voir Annexes tableau IV).

Concernant l'anémie modérée, l'effectif a relativement augmenté chez les garçons et les filles. Chez ces dernières, l'effectif d'enfants normaux a plus sensiblement augmenté (3 à 9 filles) que chez les garçons (3 à 5 garçons).

Le taux de l'hémoglobine n'est pas lié au sexe comme le rappelle le test khi-deux : les résultats du test de khi-deux se situent au-delà de 0,05 (0,254 au début, et 0,306 à la fin) et ne sont donc pas significatifs.

5.3.3. Evolution du statut anémique (taux d'hémoglobine) en fonction de la tranche d'âge.

Les pourcentages donnés correspondent aux pourcentages d'enfants dans la tranche d'âge concernée.

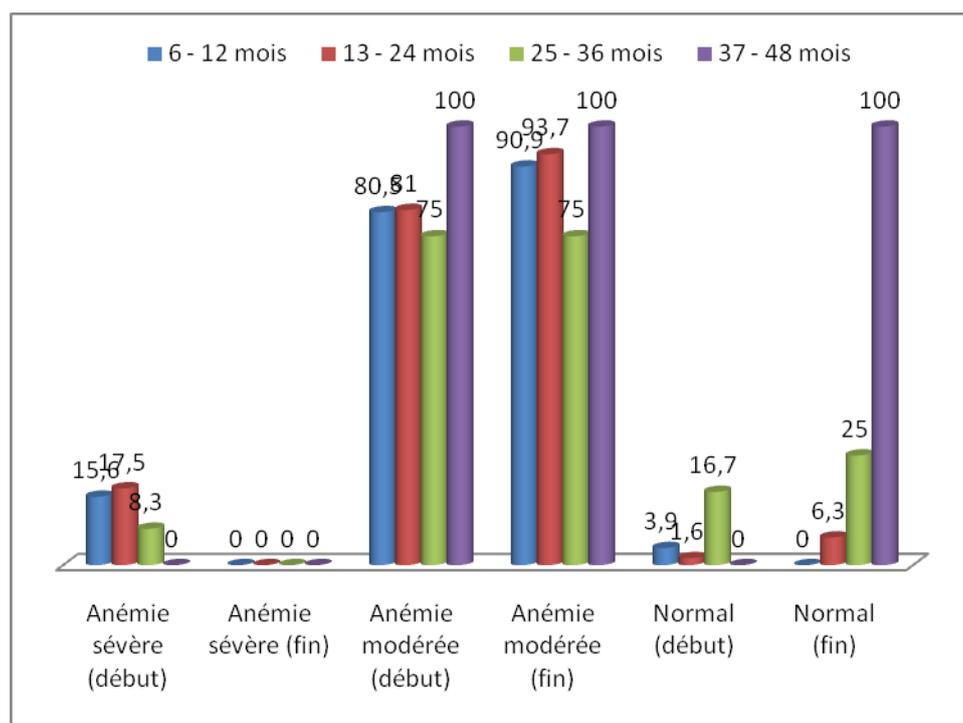


Figure 21: Evolution du statut anémique en fonction de la tranche d'âge (%).

Au départ, 3,9% des enfants présentent un statut normal, toutes tranches d'âge confondues.

Le taux d'anémie sévère était enregistré au niveau de la tranche d'âge des enfants de 13 à 24 mois (17,5%). L'anémie modérée se situe à 81% et 80,5% dans les tranches respectives de 13 à 24 mois et de 6 à 12 mois. La prévalence est au prorata de l'effectif de chaque tranche (voir Annexes tableau V).

En fin d'études, plus aucun enfant, (quelle que soit la tranche d'âge concernée), ne souffre d'anémie sévère. Les taux d'anémie modérée ont alors augmenté : on est passé de 80,5 à 90,9 % pour la première tranche, de 51 à 59 % pour la tranche des 13-24 mois ; la tranche de 25 à 36 mois ne subit pas de variation. Chez les 37-48 mois, le seul enfant présent n'a également pas changé de statut.

Seulement 9,2% des enfants ont réussi à atteindre le statut normal, contre 3,9% au départ, soit 2,3 fois supérieur au taux de départ(voir Annexes tableau VI).

Le test du Khi2 final a donné 0,229 qui est un résultat supérieur à 0,05 (au début test du Khi2 était à 0,352) : donc l'analyse du statut anémique en fonction de la tranche d'âge n'est pas significative. **La tranche d'âge n'a pas d'influence significative sur le statut anémique de l'enfant dans notre étude.**

5.4. Quantité moyenne de bouillie ingérée.

Le bol de bouillie pesait 48,9grammes. La quantité de bouillie ingérée selon les protocoles a été la suivante :

- 42,1 grammes dans le protocole farine-poisson,
- 30 grammes dans le protocole farine-spiruline,
- 25,7 grammes dans le protocole farine seule.

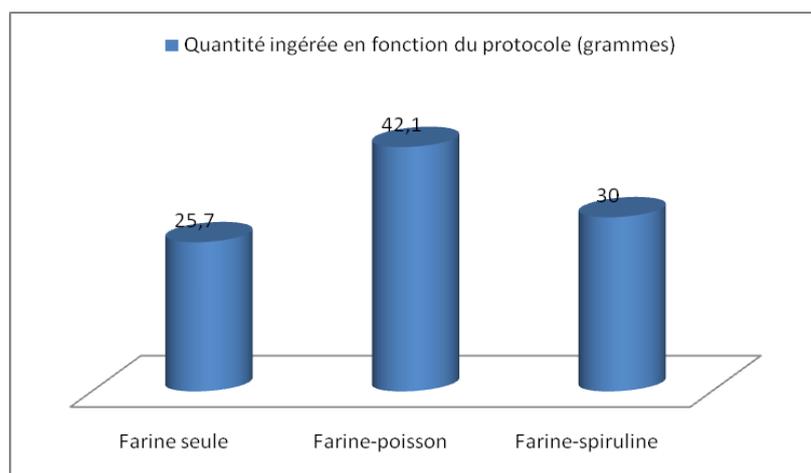


Figure 22 : Quantité moyenne de bouillie ingérée en fonction du protocole.

On constate que la quantité moyenne ingérée dans le protocole farine-poisson est la plus élevée.

5.5. Les symptômes les plus fréquemment rencontrés.

Tableau XXXIV : Symptômes rencontrés.

Symptôme	Durée en jours	J 1 à 30	J 31 à 60	J1 à 60
vomissements		21	8	29
diarrhée		89	50	139
constipation		24	8	32
pâleur conjonctivale		3	8	11
pâleur palmaire		3	3	6
Toux		33	4	37
déshydratation		10	5	15
candidose		27	86	113
Fièvre		105	62	167
Rhume		52	36	88
diarrhée-fièvre		14	0	14
rhume-toux		63	12	75
diarrhée-vomissements		9	4	13
rhum-constipation		3	13	16
pâleur palmaire-œdèmes		24	45	69
fièvre-vomissements		3	5	8
fièvre-lésion cutanées		6	14	20
diarrhée-vomissements-pâleur conjonctivale-fièvre		3	0	3
pâleur palmaire-toux-œdèmes-rhum		6	0	6
Œdèmes			34	34
Constipation-candidose			2	2
Diarrhée-candidose			7	7
Diarrhée-vomissement-fièvre			1	1
RAS		4079	4174	8253
Autres		12	12	24
Total		4590		4590

Les trois symptômes les plus fréquemment rencontrés sont respectivement, la fièvre avec 167 épisodes, la diarrhée avec 139 épisodes et la candidose avec 113 épisodes.

6. Commentaires et discussions

6.1. Difficultés rencontrées

Nous avons rencontré les obstacles suivants au cours de notre étude:

- L'impossibilité de contrôler entièrement les affirmations de la personne en charge de l'enfant par rapport aux quantités ingérées par les visites quotidiennes des agents de santé. Nous ne sommes pas en mesure de confirmer avec exactitude les quantités de spiruline ingérées par les enfants, et ce d'autant plus que cela se passe à domicile, et que les rations peuvent être partagées. Le contrôle de la préparation de la bouillie (dose correcte de spiruline, et de farine, pas de cuisson de la spiruline) n'a pu être effectué que lorsque les agents de santé coïncidaient avec la préparation.
- L'ingestion totale de la bouillie par les enfants n'est pas effective, comme le confirment les quantités ingérées. Les doses de spiruline ont donc forcément varié.
- L'augmentation de l'effectif afin de gérer les perdus de vue. C'est ainsi que nous avons pu clôturer notre enquête avec un nombre satisfaisant d'enfants.

6.2. Commentaires

6.2.1. Le poids et la taille

La farine-spiruline donne une prise de poids de 136 grammes par semaine, soit 10 grammes de moins qu'avec le protocole farine-poisson, et 45 grammes de plus que dans le groupe témoin. Le protocole farine-poisson est le meilleur pour la prise de poids que celui de la farine-spiruline, mais on pourrait attribuer ce résultat à la ration en supplément ingérée qui était plus importante pour le protocole à la farine-poisson (tableau IV).

La bonne prise de poids par le protocole farine-poisson s'explique par le plus grand apport d'énergie comparé aux autres groupes. La farine-spiruline, bien qu'ayant un apport plus faible que la farine-poisson a permis une prise de poids intéressante : ceci montre effectivement la qualité de l'apport protéique de la spiruline. Il est fort probable que le même apport d'énergie par le protocole farine-spiruline aurait donné un gain de poids plus conséquent que celui obtenu avec la farine-poisson.

Concernant l'augmentation de la taille, nous avons constaté 0,537 cm pour deux mois, moins que dans le protocole farine seule comme témoin et qui a enregistré 0,556cm. Il semblerait qu'avec un apport protéique (poisson ou spiruline), la prise de poids s'effectue au détriment de la croissance staturale.

6.2.2. Efficacité sur la prise en charge des différentes formes de malnutrition.

6.2.2.1. Effet des trois protocoles sur l'émaciation.

Nous avons obtenu des droites de régression. Leurs pentes correspondent au coefficient de réduction de l'émaciation. Un coefficient négatif réduit le taux de malnutrition observé, tandis qu'un coefficient positif l'augmente.

- Réduction de l'émaciation sévère:

Nous avons obtenu les réductions de l'émaciation sévère avec les différents protocoles qui sont les suivantes :

Coefficient de réduction pour la farine seule = -3,233.

Coefficient de réduction pour la farine-poisson = -2,0867.

Coefficient de réduction pour la farine-spiruline = -5,5817.

L'émaciation sévère est réduite de 5,6 fois avec le protocole farine-spiruline.

Le protocole farine-spiruline présente la plus grande efficacité. La farine seule suit avec un coefficient de 3,2. La farine poisson est en troisième position avec une pente de 2,1.

Dans l'ordre, nous avons l'efficacité suivante pour l'émaciation sévère:

Farine-spiruline >Farine seule>Farine-poisson.

- Réduction de l'émaciation modérée

Les coefficients sont :

Coefficient de réduction pour la farine seule = -7,1.

Coefficient de réduction pour la farine-poisson = -6,2

Coefficient de réduction pour la farine-spiruline = +2,6

Pour les protocoles farine seule et farine-poisson, le taux d'enfants modérément émaciés diminue (pente négative) : ces enfants passent au stade de risque d'émaciation, donc récupèrent à ce stade.

Seule la farine-spiruline a une pente positive. **Elle augmente le taux d'enfants présentant une émaciation modérée par récupération des enfants souffrant d'émaciation sévère.**

Son action est différente de celle du groupe témoin (farine seule) et du protocole farine-poisson.

Cela confirme l'efficacité de la farine-spiruline pour la prise en charge du stade d'émaciation sévère.

La farine seule réduit de 7,1 fois les taux d'enfants modérément émaciés, tandis que la farine-poisson la réduit de 6,2 fois par rapport au taux initial. Ces protocoles sont efficaces pour la récupération des enfants en situation d'émaciation modérée bien que le protocole au poisson devrait donner des résultats supérieurs à ceux de la farine seule, car plus riche en protéine. Il est possible que la quantité de poisson soit insuffisante pour donner de meilleurs résultats.

Dans l'ordre d'efficacité pour la réduction de l'émaciation modérée on a obtenu :

Farine seule > farine-poisson

- Réduction du risque d'émaciation.

Les coefficients de réduction sont :

Coefficient de réduction pour la farine seule = -0,155.

Coefficient de réduction pour la farine-poisson = -1,7517

Coefficient de réduction pour la farine-spiruline = -0,0667

Pour la réduction du risque d'émaciation, le protocole farine-poisson est le plus apte à ramener les enfants dans les normes. La pente est égale à 1,7517 en valeur absolue, et c'est la plus élevée. Ce protocole réduit le taux (ou l'effectif) d'enfants présentant un risque d'émaciation de 1,75 fois par rapport au départ.

La pente obtenue avec le protocole farine seule est de 0,155, soit 11,3 fois plus faible que celle de la farine-poisson. Avec la farine-spiruline la pente est de 0,0667, soit 26,26 fois plus faible que celle de la farine-poisson.

6.2.2.2. Effet des trois protocoles sur l'insuffisance pondérale.

- Réduction de l'IP sévère.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Coefficient de réduction pour la farine seule = -2,4333

Coefficient de réduction pour la farine-poisson = -1,2767

Coefficient de réduction pour la farine-spiruline = -4,6483

Tous les trois protocoles réduisent l'IP sévère.

La farine-spiruline présente la plus forte pente (4,6), c'est-à-dire la plus grande efficacité à diminuer l'insuffisance pondérale sévère des enfants et les déplacer au stade d'IP modérée.

Dans l'ordre d'efficacité nous obtenons pour la prise en charge de l'IP sévère :

Protocole farine-spiruline > protocole farine-seule > protocole farine-poisson.

- Réduction de l'IP modérée.

Les coefficients ci-dessous ont été obtenus :

Coefficient de réduction pour la farine seule = -4,9

Coefficient de réduction pour la farine-poisson = -5,29

Coefficient de réduction pour la farine-spiruline = 2,08

La farine-spiruline est le seul à augmenter le taux d'IP modérée en même temps que l'IP sévère diminue (figure 13 et 14). Ce qui signifie que les enfants au stade d'IP sévère sont passés au stade d'IP modérée.

Le protocole à la spiruline permet de transférer les enfants souffrant d'insuffisance pondérale sévère au stade modéré : la pente positive confirme l'accroissement du taux d'enfants (provenant du stade sévère) dans le stade modéré. Le protocole farine-spiruline est le plus efficace pour l'IP sévère.

Les deux autres protocoles réduisent le taux donc les enfants passent au stade d'insuffisance pondérale modérée, au stade de risque d'IP.

Ces protocoles réduisent de 5,3 fois pour la farine-poisson et de 4,9 fois pour la farine seule le taux d'enfants de départ souffrant d'IP modérée.

Nous obtenons donc pour l'efficacité de la prise en charge de l'IP modérée : farine-poisson > farine-seule.

- Prise en charge du risque d'IP

Coefficient de réduction pour la farine seule = 2,5667

Coefficient de réduction pour la farine-poisson = -2,725

Coefficient de réduction pour la farine-spiruline = 2,1817

La récupération des enfants en état d'IP modérée est en cours à ce stade avec le protocole farine-poisson (pente négative).

Le protocole à la farine-poisson continue à ramener dans les normes les enfants au stade normal, donc est le seul efficace pour le stade d'IP modérée (les deux autres protocoles augmentent le taux des enfants à risque d'IP).

Les protocoles à la farine seule et la farine-spiruline vont récupérer les enfants souffrant d'IP modérée. Cela va se traduire par une augmentation du taux d'enfants à risque d'IP.

Le protocole farine seule est le plus efficace pour la récupération nutritionnelle des enfants à partir du stade d'IP modérée.

Récapitulation :

- Le protocole farine-spiruline très efficace pour les stades sévères d'émaciation et d'insuffisance pondérale.
- Les stades modérés d'émaciation et d'insuffisance pondérale sont pris en charge par les protocoles farine seule et farine-poisson.

- Les stades de risque d'émaciation et de risque d'IP sont réduits par le protocole farine- poisson. La farine-poisson est donc intéressante pour la prévention de ces deux formes de malnutrition.
- Concernant l'évolution de la malnutrition chronique, selon les tests du Khi-deux, les indices obtenus varient indépendamment du protocole jusqu'à la cinquième semaine. La durée de l'étude est certainement trop courte pour constater une amélioration notable de la croissance.

6.2.3. Les symptômes les plus fréquemment rencontrés.

Les trois symptômes les plus fréquemment rencontrés sont la fièvre avec 167 épisodes, la diarrhée avec 139 épisodes, et la candidose avec 113 épisodes. Ces symptômes traduisent simultanément la faiblesse immunitaire des enfants malnutris et les infections associées à ce déficit immunitaire.

- La fièvre se rencontre dans les états infectieux (bactériologiques, ou parasitaires).
- La diarrhée fait partie du cortège de signes rencontrés dans la malnutrition. En effet, un des premiers retentissements du déficit protéique se situe au niveau du digestif. Ces modifications sont variables suivant la forme de la malnutrition. Dans les cas de kwashiorkor, une importante atrophie villositaire existe le plus souvent, alors que dans le marasme, il s'agit d'une diminution de l'épaisseur de la muqueuse. L'atrophie villositaire est un des facteurs conduisant à la diarrhée. La suppression de la prolifération épithéliale dans les cryptes, ainsi qu'une réponse du tube digestif à l'interruption de la prise alimentaire orale par anorexie en seraient responsables.

La dépression de l'immunité de la muqueuse locale et l'altération du péristaltisme provoqueraient une stase favorable aux proliférations microbiennes.

D'autres étiologies existent pour la diarrhée dans la malnutrition à savoir, les lésions fonctionnelles (au niveau pancréatique, hépatique), et les infections.

- Les candidoses, infections généralement opportunistes, surviennent fréquemment dans les états d'immunodépression : dans un organisme malnutri, la synthèse des immunoglobulines est diminuée. Il y a donc faiblesse immunitaire. L'organisme affaibli ne peut plus se défendre contre les agressions et la porte est ouverte aux infections qui s'installent.
- Ces trois éléments interviennent dans un cercle vicieux dans la malnutrition.

6.2.4. Le statut anémique.

Nous n'avons pas enregistré de variation significative de l'évolution du taux d'hémoglobine en fonction du protocole. La variation est également indépendante de la tranche d'âge : cela pourrait s'expliquer par le fait que les enfants consommaient indifféremment leur ration de supplément, et qu'ils n'avaient pas entièrement consommé les doses prévues pour avoir un apport suffisant en nutriments. La quantité de spiruline ingérée était probablement insuffisante. Néanmoins, nous avons obtenu une amélioration pour les trois protocoles.

6.3. Discussion.

6.3.1. La méthodologie.

Notre étude a duré deux mois. Elle a consisté en une réhabilitation nutritionnelle de trois cohortes de 50 enfants malnutris de 6 à 59 mois. L'objectif était de comparer et vérifier l'efficacité de la spiruline à améliorer le statut nutritionnel et l'anémie.

La taille de l'échantillon dans l'étude de BUCAILLE P. (47) était de 28 enfants atteints de MPE sur une période de 11 mois. Leur prise en charge a été effectuée à l'hôpital jusqu'à amélioration de leur état. Le suivi a été effectué par des consultations de contrôle régulières (voir Annexes tableau VII). L'étude conduite à Bangui par le Dr Lemort (48) a été réalisée sur quatre groupes de 30 chacun en ambulatoire n'a pas dépassé 22 jours.

Avec Sall MG. et al au Sénégal (49), l'expérimentation s'est déroulée en milieu hospitalier sur sept mois et a concerné 59 enfants atteints de PMC grave (voir Annexes tableau VII).

La thèse de Habou O. (50) avait un échantillon de 56 enfants malnutris graves de 6 à 24 mois. La renutrition s'est passée en milieu hospitalier pendant 14 jours.

Au Burkina-Faso, les 156 enfants de 3 mois à 3 ans sélectionnés pour l'étude de Brander B. et al (51) présentaient un Z score inférieur à -2, ou avec œdèmes ; il a suivi leur renutrition en ambulatoire.

6.3.2. La supplémentation.

La supplémentation (voir Annexes tableau VIII) dans notre étude est basée sur la farine SINBA enrichie (paragraphe 4.6.3) administrée à trois cohortes d'enfants comme Branger B. et al au Burkina-Faso (51). Nous avons un groupe témoin traité avec de la farine enrichie SINBA, un autre par de la farine enrichie SINBA plus de la spiruline, et le troisième groupe par de la farine enrichie SINBA plus du poisson,

Branger B. et al (51) avaient également choisi un groupe témoin soumis à une renutrition classique, et un groupe avec une supplémentation au poisson, à raison de 2 sardines par semaine, et un dernier groupe soumis à la spiruline. La dose quotidienne de spiruline dans les deux études était fixée à 5 grammes par jour.

Chez Branger B. (51), le premier groupe a été soumis à une renutrition classique (voir Annexes tableau VIII), le deuxième groupe consommait en plus de la renutrition classique 5 grammes de spiruline par jour, et le troisième consommait 2 sardines à l'huile par semaine plus 5 grammes de spiruline par jour.

L'étude du Lemort (48) comportait un groupe de plus que dans notre renutrition, soit 4 groupes. Un groupe a bénéficié comme supplémentation de la spiruline seule, un autre du poisson (sardine à l'huile seule), le troisième à de la spiruline-sardine à l'huile, et le groupe-témoin consommait du maïs combiné au soja.

Contrairement à notre renutrition, Bucaille P. (47) et Habou O. (50), comme Sall MG. (49), n'ont pas utilisé de groupes témoins. Bucaille P. (47) a utilisé des galettes de farine de maïs additionnées de spiruline, son groupe témoin consommait des galettes sans spiruline. Faute de moyens, ce groupe a été rapidement abandonné. L'échantillon de Habou O. (50) a bénéficié en plus de l'alimentation habituelle des enfants, d'une supplémentation quotidienne en spiruline.

6.3.3. Les gains en poids et taille.

La progression de poids que nous avons obtenu avec la spiruline soit 136 grammes par semaine, est moins élevée que celle de Bucaille P. (47) qui avait obtenu 195 grammes par semaine pour une dose de 10 grammes de spiruline par jour dans une galette de maïs. La prise de poids avec que nous avons obtenue se trouve également moins élevée que celle observée chez Sall MG. (49) chiffrée à 50 grammes par jour, soit 380 grammes par semaine.

Dans son étude, Brander B. (51) n'avait pas constaté d'amélioration avec de la spiruline à même dose que dans notre étude. Nous pouvons attribuer cette différence soit au stade de malnutrition de l'échantillon chez Brander B. (51), soit à la nature de la farine que nous avons utilisée.

L'augmentation de taille que nous avons obtenue soit 0,537 cm pour une période de 2 mois s'avère beaucoup plus faible que celle enregistrée par Bucaille P. (47) et qui était de 0,23cm par semaine.

6.3.4. Le statut anémique.

Habou O. (50) dans son étude avait constaté une progression du taux d'hémoglobine intéressante dans la tranche d'âge des enfants de 19 à 24 mois, mais nulle dans celle des 13 à 18 mois. Pour les trois protocoles, nous avons obtenu une amélioration du statut anémique des enfants. Cette amélioration a été confirmée indépendante du protocole, de la tranche d'âge et du sexe par les tests du Khi-deux.

6.4. Forces et faiblesses de l'étude

- ✓ Nous avons réussi, malgré les perdus de vue à obtenir un effectif final de 153 sur un effectif initial de 193 enfants.
- ✓ Grâce au suivi quotidien effectué, nous avons pu déterminer une quantité moyenne ingérée au quotidien par les enfants, et selon les protocoles. Cependant, les doses ingérées sont différentes de celles que nous avons théoriquement prévues. Cet aspect est à prendre en compte.
- ✓ Notre réhabilitation nutritionnelle pourrait sûrement être améliorée en utilisant une dose plus élevée de spiruline (10 grammes par jour) et en essayant d'augmenter les rations des enfants (fractionnement des doses).
- ✓ Les dosages de fer et protéines sériques, ainsi que de la vitamine A et la goutte épaisse n'ont pas pu être effectués faute de réactifs.

7. Conclusion et recommandations

7.1. Conclusion

L'objectif de notre étude était d'étudier l'efficacité de la spiruline et du poisson comme complément alimentaire additionné à des farines infantiles dans l'amélioration de l'état nutritionnel d'enfants atteints de malnutrition aiguë.

La réhabilitation nutritionnelle à base de spiruline des enfants malnutris nous a permis de confirmer l'efficacité de la spiruline en tant que supplément multi-vitaminique et multi-micro éléments. Elle accélère le passage des enfants souffrant d'émaciation sévère, et aussi d'insuffisance pondérale sévère à un stade modéré.

La spiruline est effectivement un complément alimentaire de choix qui peut, à faible dose apporter une amélioration nette des états d'émaciation et d'insuffisance pondérale sévères.

Le poisson en tant que complément dans les farines infantiles réduit également les stades modérés d'émaciation et d'insuffisance pondérale ; dans les stades à risque d'émaciation, le protocole au poisson s'est révélé le plus efficace.

Quant à la farine seule, son efficacité apparaît supérieure à celle de la farine-poisson dans les stades modérés bien qu'elle soit le protocole témoin.

Vu la cherté des protéines animales dans nos pays, l'utilisation de la spiruline pour la réhabilitation des stades sévères pourrait constituer une alternative efficace à la lutte contre la Malnutrition Protéino-Energétique. Restent à confirmer la dose efficace à utiliser, sa disponibilité et sa compétitivité par rapport aux protéines animales. La spiruline doit être combinée, tout comme le poisson, à une source d'énergie (on utilise généralement les céréales). Le coût d'une renutrition basée sur la spiruline, serait-il moins onéreux qu'une renutrition classique ?

Seulement à ces conditions, la spiruline pourrait se présenter comme alternative intéressante dans la lutte contre la malnutrition.

7.2. Recommandations

Suite à cette étude, nous formulons les recommandations suivantes :

7.2.1. Au niveau de la recherche

- Refaire une étude similaire mais qui serait conduite en milieu hospitalier afin de maîtriser la compliance au traitement.
- Dans les études sur la spiruline, organiser les cohortes d'enfants en fonction de leur niveau de sévérité de malnutrition, avec le même effectif de départ.
- Trouver la meilleure formulation pour inclure la dose de spiruline et qui serait entièrement consommée par les enfants (galette, beignet...)
- Evaluer le coût d'opportunité de la renutrition avec la spiruline par rapport aux renutritions classiques.

7.2.2. Aux nutritionnistes :

- Proposer des recettes à la spiruline préparées avec les aliments locaux (Bucaille P. (47) avait mis au point des galettes à la spiruline),
- Choisir judicieusement les aliments à combiner avec la spiruline afin d'optimiser les prises de poids.
- Améliorer la composition de la farine au poisson, car son efficacité est comparable à celle de la farine-seule (dans la réduction des stades modérés) qui est considérée comme témoin.

7.2.3. Aux autorités sanitaires :

- Evaluer le coût d'opportunité de la renutrition avec la spiruline par rapport aux renutritions classiques.
- Inclure la spiruline dans la lutte contre la malnutrition.

8. Bibliographie

1. Tchibindat F., Que savez-vous de la malnutrition ?
Document électronique ; « lewebpedagogique.com/unicef/2008/11 », consulté le 3/12/2008.
2. OMS, centre des médias, Une méthode originale pour combattre la malnutrition,
7 Juin 2007.
Document électronique ;
« www.who.int/mediacentre/news/releases/2007/pr27/fr/index.html » consulté le 13/01/2008.
3. FAO, L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde : prix élevé des denrées alimentaires ; menaces et perspectives. Décembre 2008.
Document électronique ; « <http://www.fao.org/docrep/011/i29f/i0291f00.htm> », consulté le 30/04/2009.
4. MSF, Des millions d'enfants mal nourris malgré les traitements efficaces,
Document électronique;
« www.msf-azg.be/fr/main-menu/actualites/infos/news-detail/table/1219.html », consulté le 3/01/2009.
5. Unicef
Faire reculer la malnutrition c'est faire avancer le droit des enfants.
Document électronique; « www.infosdelaplanete.org/4816/faire-reculer-la-malnutrition-c-est-faire-avancer-les-droits-de-l-enfant.html », consulté le 11/01/09.

6. Cellule de Planification et de Statistiques(CPS)/Santé, Ministère de la santé, Division Nationale de la Statistique et de l'Informatique (DNSI), Ministère de l'Industrie et du Commerce, Macro International Inc, USAID, UNICEF, UNFPA, ambassade des Pays-Bas.
EDSM IV, Enquête Démographique et de Santé Mali. 2006.
7. UNICEF, Les enfants dans le monde, l'urgence silencieuse, 1998,
Document électronique ; « www.unicef.org/french/sowc98/pdf/presume », consulté le 8/01/2009
8. Histoire de la spiruline,
Document électronique ; « www.spiruline.du.renouveau.com/historique.htm », consulté le 20/12/2008.
9. FAO, Glossaire de base sur le droit à l'alimentation.
Document électronique ; « www.fao.org/righttofood/kc/glossary_fr.htm », consulté le 15/03/2009.
10. UNICEF, Situation des enfants dans le monde 2009, la santé maternelle et néonatale OMD p11, 168pages.
Document électronique ;
« www.mediaterre.org/international/actu,20090128111040.html », consulté le 7/04/2009
11. Sall MG, Dankoko B., Badiane M., Ehua E. et Kuakuwi N.,
La spiruline : une source alimentaire à promouvoir. Médecine d'Afrique Noire : 1999, 46 (3)
Document électronique; « www.santetropicale.com/resume/34603 », consulté le 26/01/2009.

12. Branger B., Cadudal J.L., Delobel M, Ouoba H, Yameogo P, Ouedraogo D et al. ,
La spiruline comme complémentation alimentaire dans la malnutrition du
nourrisson au Burkina-Faso, Archives Pédiatriques 2003, 10, p424-431.
13. Ministère de la Santé, Secrétariat Général, Cellule de Planification, Plan
Stratégique National Pour l'Alimentation et la Nutrition (PSNAN) 2005-2009, Mai
2005. Bamako, République du MALI.
14. Ag Iknane A, Diarra M, Ouattara F, et al, Les interventions en nutrition. Volume 2.
p20. Helen Keller International. Ministère de la santé.
15. Agbessi -Dos Santos H., Damon M., Manuel de Nutrition Africaine, p15,
KARTHALA Editions, 1987, 311pages.
16. Ag Iknane A, Konake HD, Maiga MF, Thiam F, Diallo et al, Module de formation
en nutrition humaine volume 1, Ministère de la Santé, et Helen Keller
International, Mars 2005.
17. Dupin H. et Coll., Alimentation et nutrition humaine, E.S.F., Paris, 1992, 1.533
pages.
18. Weil J. H. Biochimie générale, 6^{ème} édition, Editions Masson, Paris 1990 p85-86,
546 pages.
19. Ganong W. F. Physiologie médicale, Editions Masson, Paris 1977 p395-403, 665
pages.
20. Dupire J, Objectif malnutrition. Editions Similia, Paris 1998 ; p 63-64, 188 pages.
21. Mahe S, Pelletier X,
Les protéines. Institut Français pour la nutrition. Tome D. 1997, p63-82.

22. Kruh, Biochimie, études médicales et biologiques tome II Métabolismes, Collection Méthodes, Editions Hermann, Paris 1983, p10, p199 à 203, 251pages.
23. TECHNAP/CREDESA, " FICHE I " du Livret-guide d'utilisation de la spiruline, RAPPEL des REGLES de la DIETETIQUE.
Document électronique ; « spirulina.online.fr/cd-cfppa/LivUtil-intro.html », consulté le 3/12/2008.
24. Tableau FAO 1973 tiré de: Agbessi-Dos Santos H, Damon M, FAO Manuel de nutrition africaine Eléments de base appliqués. Paris, 1987, p24.
25. Glossaire de base sur le droit à l'alimentation FAO :
Document électronique ; « www.fao.org/righttofood/kc/glossary_fr.htm », consulté le 19/02/2009.
26. CREDESA," FICHE III " du livret utilisation de la spiruline La MALNUTRITION, LES CAUSES, DIFFERENTES FORMES REPERES.
Document électronique ; « www.spirulina.online.fr/cd-cfppa/LivUtil-fich3.htm », consulté le 3/12/2008.
27. Antenna Technologie
Faim, Famine et Malnutrition.
Document électronique ; « www.antenna.ch/malnutrition/faim-famine-malnutrition », consulté le 25/03/2009.
28. Latham MC, Université de Cornell, États-Unis Archives de documents de la FAO, La nutrition dans les pays en développement. Chapitre 24 : Famine, inanition et réfugiés FAO 2001.
Document électronique ; « www.fao.org/docrep/004/w0073f/00.HTM », consulté le 3/01/2009.

29. Derrick B., Jelliffe M.D., FRCP, FAPHA, FRSH, FAAP, en consultation avec 25 experts de divers pays. OMS Genève. Appréciation de l'état nutritionnel des populations principalement par voie d'enquête dans les Pays en Développement. Genève 1969.p 8. 9pages.
Document électronique ;
«http://whqlibdoc.who.int/monograph/WHO_MONO_53_fre.pdf », consulté le 5/05/2009.
30. FAO, L'état de la faim dans le monde
Document électronique ; « www.bretagne-solidarite-internationale.org/accueil/var/lang/FR/rub/4794 », consulté le 3/01/2009.
31. FAO, L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde 2008.
Document électronique ; « <http://www.fao.org/docrep/1011/i0291f00.htm> », consulté le 5/02/2009.
32. Cogill B., Food And Nutrition Technical Assistance (FANTA 2): Anthropometric Indicators Measurements Guide, 2003, Part 6, Comparison of anthropométric data to reference standard.
Document électronique ; « www.ergo-eg.com/uploads/books/anthro », consulté le 25/04/2009.
33. Diarra M., Faculté de Médecine Pharmacie Odontostomatologie (FMPOS) Bamako MALI. Cours de Nutrition, 5^{ème} année de Pharmacie. 2006-2007
34. Aubry P., Malnutrition protéino-énergétique et avitaminoses. Actualités 2008 En ligne ; « medecinetropicale.free.fr/cours/malnut.htm », consulté le 3/01/2009.
35. Réunion des ministres de la santé des pays océaniques, enrichissement des aliments dans le pacifique, Port Vila (Vanuatu), 5 février 2007, Point 5.6 de l'ordre du jour provisoire
Document électronique ; « www.wpro.who.int/NR/rdonlyres/9982FD50-77E1-4F1B-A508-C2F74A497509/0/pic7_9_food_fr.pdf », consulté le 28/04/2009.

36. Aubry P., Anémies carenciales ou nutritionnelles, Actualités 2007 Médecine Tropicale.
Document électronique ;
« medecinetropicale.free.fr/cours/anemies_nutritionnelles.htm », consulté le 13/12/2008.
37. Charpy L., Langlade MJ. et Alliod R., IRD, La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique ? » Août 2008,
Document électronique ; « agriculture.gouv.fr/sections/.../etudes/spiruline-peut-elle-etre1808/.../Spiruline_synthese%20et%20compilation_DGPAAT_2008.pdf », consulté le 23/04/2009.
38. Hacene H., Brahim R., Benaïcha S., Ouahrani EK., Chebhouni N. et Siga A., L. R. Z. A., Faculté des Sciences Biologiques, U. S. T. H. B., B.P. 44, Alger-Gare.
Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, (2001)
Document électronique ; « 65-68 www.dz/download/bio_9.pdf », consulté le 9/02/2009.
39. Historique de la spiruline.
Document électronique ; « [Maison de la spiruline.com/historique.htm](http://Maison.de.la.spiruline.com/historique.htm) », consulté le 3/01/2009.
40. Basse-Cathalinat J., Utilisation de la spiruline dans la malnutrition protéino-énergétique : Projet d'une ferme à Sabou, Burkina-Faso, Thèse de Doctorat en Pharmacie, 2008, 107 pages UFR des Sciences Pharmaceutiques Université Bordeaux 2, FRANCE.
41. Falquet J, Hurni J P, Spiruline, Aspects nutritionnels, Antenna Technologies, Novembre 2006,
Document électronique ; www.antenna.ch/documents/aspNutr2006.pdf, consulté le 8/12/2008.

42. La spiruline, une solution efficace et adaptée pour la lutte contre la malnutrition
Document électronique ; www.targuinca.org/spiru.htm, consulté le 8/12/2009.
43. Organisation mondiale de la Santé,
Stratégie mondiale pour l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant
Genève 2003.
Document électronique ;
www.who.int/nutrition/publications/g infant_feeding_text_fre.pdf, consulté le
24/02/2009.
44. Le Codex Alimentarius et la Commission du Codex,
Document électronique ;
« www.omafra.gov.on.ca/french/food/inspection/codex.htm », consulté le
22/01/2009.
45. Barikmo I., Ouattara F., Arne O., Table de Composition d'aliments du Mali, Mai
2007, INRSP, Akershus University College (AUC).
46. Commune V : Etude monographique, SNV, Juin 2006, p14
47. Bucaille P, Intérêt et efficacité de l'algue spiruline dans l'alimentation des enfants
présentant une malnutrition protéino-énergétique en milieu tropical (à propos de 28
observations), Thèse de Doctorat en Médecine, 1990, 106 pages, Université Paul
Sabatier de Toulouse III, France.
48. Dupire J, Objectif : Malnutrition : Les recherches de NSB sur la nutrition, Editions
Similia, Paris, 1998, p31-40.

49. Sall MG, Dankoko B, Badiane M, Ehua E, et Kuakuwi N, Résultats d'un essai de réhabilitation nutritionnelle avec la spiruline à Dakar. A propos de 59 cas, Médecine d'Afrique Noire : 1999, 46 (3).

Document électronique ; «www.santetropicale.com/resume/34604.pdf», consulté le 19/02/2009.

50. Habou O, Evaluation de l'efficacité de la supplémentation en spiruline du régime habituel des enfants atteints de malnutrition sévère. Thèse en Médecine, Niamey, NIGER, 2003.

51. Branger B, Caducal JL, Delobel M, et al La spiruline comme complément alimentaire dans la malnutrition du nourrisson au Burkina-Faso, Archives de pédiatrie 10 (2003) 424-431.

Document électronique ; « www.elsevier.com/locate/arcped », consulté le 24/02/2009.

52. Simpore J, Kabore F, Zongo F, Dansou D, Bere A, Pignatelli S, Biondi DM, Ruberto G, MUSUMECI S, Nutrition rehabilitation of undernourished children utilizing Spiruline and Misola. Nutrition Journal 2006, 5-3, 7 pages.

Document électronique ;
«www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1386687», consulté le 21/02/2009.

A / Table des besoins recommandés en minéraux et oligoéléments.

ANC en minéraux en fonction de l'âge

Minéraux	0-6 mois	6-12 mois	2-3 ans	4-6 ans	7-9 ans	10-12 ans
Phosphore mg	100	275	360	450	600	830
Calcium mg	400	500	500	700	900	1200
Magnésium mg	40	75	75	130	280	280
Fer mg	6-10	6-10	6-10	7	7	10
Zinc mg	5	5	5	7	7	12
Iode mg	40	50	50	90	120	150
Cuivre mg	0,4-0,7	0,4-0,7	0,4-0,7	1,1	1,1	1,4
Fluor mg	0,25		0,25	1	1	1
Sélénium µg	15		20	30	30	40

ANC en vitamines en fonction de l'âge

Vitamines :	0-6 mois	6-12 mois	2-3 ans	4-6 ans	7-9 ans	10-12 ans
C (mg)	50	50	60	75	90	100
B1 (mg)	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1
B2 (mg)	0,4	0,4	0,8	1	1,3	1,3-1,4
PP (mg)	3	3	6	8	9	10
B5 (mg)	2	2	2,5	3	3,5	4
B6 (mg)	0,3	0,3	0,6	0,8	1	1,3
B8 (µ g)	6	6	12	20	25	35
B9 (g) µ	70	70	100	150	200	250
B12 (µ g)	0,5	0,5	0,8	1,1	1,4	1,9
A (µ g)	350	350	400	450	500	550
E (µg)	4	4	6	7,5	9	11
D (µg)	20-25	20-25	10	5	5	5
K (µg)	5-10	5-10	15	20	30	40

D'après Briend A., Alimentation de l'enfant en situation normale et pathologique, dans : Alimentation de l'enfant dans les Pays en Voie de Développement, DOIN Editeur, Rueil-Malmaison, 2002, 175-183.

B / Vitamines indispensables ou probablement indispensables à l'alimentation humaine.

C / PRINCIPAUX FACTEURS RESPONSABLES DE L'ANEMIE

D / Composition de la spiruline.

	Teneur par gramme :	Besoins journaliers
Vitamines		
A (β-carotène)	1,4 mg	900 µg
E	0,1 mg	12 mg
B1	35 µg	1,4 mg
B2	40 µg	1,7 mg
B3	1 µg	17 mg
B5	0,13 mg	10 mg
B6	8 µg	2,1 mg
B9	0,1 µg	0,3mg
B12	3,2 µg	3 µg
K	22,4 mg	40 µg
Oligo-éléments		
Calcium	10 mg	1200 mg
Phosphore	8 mg	1000 mg
Magnésium	4 mg	250-350 mg
Fer	1,8 mg	18 mg
Zinc	0,03 mg	15 mg
Autres		
Acide γ-linolénique	13 mg	
Chlorophylle	11mg	
Protéines	60-65%	
Glucides	15-20%	
Lipides	7%	

D'après Antenna Technologie France, Unité de Production de Safo, cabdemeso@yahoo.fr

E / Table des normes anthropométriques.

F / L'équipe de recherche.

- Composition de l'équipe de recherche :

- une équipe et un médecin en Santé Publique de l'INRSP,
- des médecins qui assuraient la supervision de l'étude,
- et deux étudiants de la FMPOS en année de thèse ont été chargés du suivi sur le terrain,
- 4 techniciens de santé ont assuré le prélèvement et les analyses biologiques cadres scientifiques.
- Et une équipe de suivi des enfants qui se composait de trois groupes de 4 agents de santé par ASACO-SAB (I, II, et III). Ces agents de santé étaient des sages-femmes, infirmières et matrones. Leur rôle a consisté à recruter les enfants de leur quartier.

Les médecins chefs ont été également impliqués pour les soins et ordonnances.

- Phase préparatoire.

Les trois équipes de suivi ont bénéficié d'une journée de formation préalable sur :

- les bases en nutrition, les farines de complément, leur utilisation,
- les méthodes de recrutement des enfants,
- les différentes données anthropologiques, le recueil des données, anthropologiques de qualité,
- le remplissage des fiches d'enquête.

G/ Définition et expression des indices anthropométriques.

- Notion de population de référence NCHS et OMS.

• Notion de population de référence.

Les classifications sont nombreuses et permettent de déterminer le statut nutritionnel d'un enfant. On distingue : la classification de GOMEZ, de Wellcome, de Waterlow, qui ne sont plus d'actualité, la classification RTH et OMS, la plus utilisée.

Elles sont basées sur une comparaison avec une population de référence (40).

L'évaluation de l'état nutritionnel est basé sur le concept d'après le quel, dans une population bien nourrie, les répartitions du poids et de la taille des enfants, pour un âge donné, se rapprochent d'une distribution normale.

Cela signifie qu'environ 68% des enfants ont un poids situé entre +1 et -1 écart type de la moyenne des enfants de cet âge ou de cette taille, et qu'ils ont également une taille située entre +1 et -1 écart type de la moyenne des enfants de cet âge. Environ 14% des enfants sont compris entre 1 et 2 écarts types au-dessus de la moyenne et peuvent être considérés comme trop grands ou trop lourds pour leur âge, ou gros par rapport à leur taille.

Un autre 14% sont compris entre 1 et 2 écarts type au-dessous de la moyenne et sont considérés comme relativement petits ou ayant un poids insuffisant pour leur âge, ou maigres par rapport à leur taille.

Parmi les 4% restant, 2% peuvent être considérés comme très grands ou ayant un poids beaucoup trop important pour leur âge, ou encore très gros par rapport à leur taille s'ils se situent à plus de 2 écart type au dessus de la moyenne ; les autres 2% peuvent être considérés comme très petits (présentant un retard de croissance) ou ayant un poids beaucoup trop insuffisant pour leur âge, ou très maigres pour leur taille (émaciés) s'ils se situent à moins de 2 écarts type en dessous de la moyenne.

La population de référence actuellement utilisée est la population de référence nord américaine NCHS (National Centers for Health Statistics).

Remarques : Les indices sont exprimés en fonction d'une population de référence est une population de référence internationale décrite par l'OMS : la population NCHS (National Centers for Health Statistics)

Les indices sont exprimés en pourcentage de la médiane ou en écart-types réduits (également appelés Z- Scores) en fonction d'une population de référence, la population NCHS. Dans notre étude, nous utiliserons les Z scores. (voir annexe)

- L'indice Poids/taille et expression des indices.

• Définition de l'indice Poids/taille.

La mesure de cet indice est une des méthodes d'évaluation nutritionnelle les plus couramment utilisées. L'indice poids/taille exprime le poids d'un enfant en fonction de sa taille. Il met en évidence la **malnutrition aiguë** ou l'**émaciation, ou encore retard de poids**. L'indice Poids-Taille est la méthode d'évaluation nutritionnelle très utilisée, d'autant plus que l'âge n'est pas souvent connu. Il traduit une situation conjoncturelle et actuelle (Wasting).

Cependant, le rapport poids/taille ne permet pas de différencier un enfant trop petit pour son âge, c'est-à-dire présentant un retard de croissance qui a souffert d'une MPC dans son enfance, d'un enfant de taille satisfaisante.

- **Expression de l'indice Poids/taille.**

L'indice Poids /taille est apprécié soit à partir de la médiane ou de la déviation standard (écart type) par rapport à la population de référence nord américaine NCHS (National Centers for Health Statistics).

- **Expression de l'indice Poids/taille en pourcentage de la médiane.**

On utilise la formule suivante :

$$\text{P/T (\% médiane)} = (\text{Poids observé} / \text{Poids médian}) \times 100$$

C'est égal au Poids observé / poids médian de la population référence x 100

- **Expression de l'indice Poids/taille en Z score ou Ecart-Type**

L'indice est calculé selon la formule suivante :

$$\text{P/T (Z score)} = (\text{Poids observé} - \text{Poids médian}) / \text{ET}$$

Il faut noter que les résultats sont actuellement exprimés en écart type ou Z-score ou déviation standard

- **Indice Taille/âge**

- **Définition**

Cet indice exprime la taille d'un enfant en fonction de son âge indique le **retard de croissance** à un âge donné (stunting), mais ne permet pas de différencier deux enfants de même taille, et même âge, dont l'un serait grand et maigre, et l'autre obèse. Le rapport taille/âge reflète davantage l'histoire nutritionnelle passée que la situation actuelle. Il met en évidence la malnutrition chronique ou le retard de croissance.

- **Expression de l'indice Taille/âge en pourcentage de la médiane.**

- Si le rapport T/A est ≥ 85 %, c'est l'état nutritionnel normal
- Si le rapport T/A est compris entre 84 et 80 %, il y a risque de malnutrition
- Si le rapport T/A < 80 %, il y a malnutrition modérée
- Si le rapport T/A < 70 %, c'est un cas de malnutrition sévère
- Si le rapport T/A < 60 %, malnutrition très grave, la vie de l'enfant est en danger
- Si le rapport T/A > 100 %, c'est l'hypernutrition (obésité)

- **Expression de l'indice Taille/âge en Z score ou en Ecart Type (ET).**
 - Si le rapport T/A < - 2 ET, c'est la malnutrition modérée
 - Si le rapport T/A < - 3 ET, c'est la malnutrition sévère
 - Si le rapport T/A est compris entre - 2 et - 1 ET, il y a risque de malnutrition
 - Si le rapport T/A est compris entre - 1 et 1 ET, l'état nutritionnel est normal
 - Si le rapport T/A est compris entre 1 et 2 ET, il y a risque d'obésité
 - Si le rapport T/A est > 2 ET, il y a obésité (hypernutrition)
- **Le rapport poids/âge.**

- **Définition**

Cet indice exprime le poids d'un enfant en fonction de son âge. L'indice Poids/taille traduit une insuffisance pondérale, un état de malnutrition. On l'utilise en consultation Santé Maternelle et Infantile (SMI) pour le suivi individuel de l'enfant.

Remarque :

Cet indice ne permet pas de différencier deux enfants de même poids et de même âge dont l'un serait grand et maigre (émacié) et l'autre plus petit et plus gros (retard de croissance)

- **Expression de l'indice Poids/âge en pourcentage de la médiane.**
 - Si le rapport P/A est ≥ 85 %, c'est l'état nutritionnel normal
 - Si le rapport P/A est compris entre 84 et 80 %, il y a risque de malnutrition
 - Si le rapport P/A < 80 %, il y a malnutrition modérée
 - Si le rapport P/A < 70 %, c'est un cas de malnutrition sévère
 - Si le rapport P/A < 60 %, malnutrition très grave, la vie de l'enfant est en danger
 - Si le rapport P/A > 100 %, c'est l'hypernutrition (obésité)
- **Expression de l'indice Taille/âge en Z score ou écart Type (ET)**
 - Si le rapport P/A < - 2 ET, c'est la malnutrition modérée
 - Si le rapport P/A < - 3 ET, c'est la malnutrition sévère
 - Si le rapport P/A est compris entre - 2 et - 1 ET, il y a risque de malnutrition
 - Si le rapport P/A est compris entre - 1 et 1 ET, l'état nutritionnel est normal
 - Si le rapport P/A est compris entre 1 et 2 ET, il y a risque d'obésité
 - Si le rapport P/A est > 2 ET, il y a obésité (hypernutrition)

H / Fiches de suivi.

Efficacité comparée de la spiruline, du poisson et des farines infantiles dans la réduction de la malnutrition et de l'anémie chez les enfants à Sabalibougou.

I / Tableaux

Tableau I : Prise de poids moyen selon le protocole.

Protocole Thérapeutique	Poids moyen semaine 1 (kg)	Poids moyen semaine 9 (kg)	Prise moyenne de poids (kg) / 9 semaines	Prise moyenne de poids (g) / semaine
Farine seule N = 50	7,246 ± 1,127	8,068 ± 1,248	0,822	91
Farine poisson N = 51	7,480 ± 1,373	8,796 ± 1,593	1,316	146
Farine spiruline N = 52	7,571 ± 1,124	8,790 ± 1,199	1,219	136
Moyenne N = 153	7,435 ± 1,213	8,556 ± 1,391	1,121	125

Tableau II : Allongement (cm) par 2 mois.

Régime thérapeutique	Taille sem1 (cm)	Taille sem9 (cm)	Allongement cm /2mois
Farine seule N =50	74,184 ± 6,439	74,74± 6,42	0,556
Farine poisson N= 51	74,841 ± 7,130	75,32 ± 7,01	0,479
Farine spiruline N = 52	75,623 ± 5,911	76,16 ± 5,89	0,537
Total N = 153	74,892 ± 6,493	75,41 ± 6,44	0,518

Tableau III : Evolution du statut anémique en fonction du protocole.

Protocole	anémie sévère début		anémie sévère fin		anémie modérée début		anémie modérée fin		Normal début		Normal fin		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
farine seule	5	10	0	0	45	90	48	96	0	0	2	4	50	100
farine poisson	9	17,6	0	0	39	76,5	45	88,2	3	5,8	6	11,5	51	100
Farine+ spiruline	10	19,2	0	0	39	75	46	88,5	3	5,8	6	11,5	52	100
Total	24	15,7	0	0	123	80,4	139	90,8	6	3,9	14	9,2	153	100

Tableau IV : Evolution du statut anémique en fonction du sexe.

Sexe	Anémie sévère début		Anémie sévère Fin		Anémie modérée début		Anémie modérée fin		Normal début		Normal fin		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
Masculin	11	16,2	0	0	54	79,4	63	92,6	3	4,4	5	7,4	68	100
Féminin	13	15,3	0	0	69	81,2	76	89,4	3	3,5	9	10,6	85	100
Total	24	15,7	0	0	123	80,4	139	90,8	6	3,9	14	9,2	153	100

Tableau V : Evolution du statut anémique en fonction de la tranche d'âge (début)

Tranche d'âge	Anémie sévère		Anémie modérée		Normal		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
6 - 12 mois	12	15,6	62	80,5	3	3,9	77	100
13 - 24 mois	11	17,5	51	81	1	1,6	63	100
25 - 36 mois	1	8,3	9	75	2	16,7	12	100
37 - 48 mois	0	0	1	100	0	0	1	100
Total	24	15,7	123	80,4	6	3,9	153	100

Tableau VI : Evolution du statut anémique en fonction de la tranche d'âge (fin).

Tranche d'âge	Anémie sévère		Anémie modérée		normal		Total	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
6 - 12 mois	0	0	70	90,9	7	9,1	77	100
13 - 24 mois	0	0	59	93,7	4	6,3	63	100
25 - 36 mois	0	0	9	75,0	3	25	12	100
37 - 48 mois	0	0	1	100	0	0	1	100
Total	0	0	139	90,8	14	9,2	153	100

Tableau VII: Comparaison des différentes études faites sur la spiruline.

Auteurs	Durée	Année	N	Nb de groupes	Tranche d'âge ciblée	Critère de sélection	Lieu d'étude
Mali, Kamian K. et al	2 mois	2008	153	3	6 à 59 mois	P/T <-2 Z scores	Ambulatoire
Zaire, Bucaille P (47)	11 mois	1990	28	1	5mois à 18 ans	MPE	Ambulatoire
Centrafrique, Lemort (48)	22 jours	1993	120	4	-	-	Ambulatoire
Sénégal, Sall MG.(49)	7 mois	1993	59	1	13 mois ± 6,43 mois	MPC grave	30 j à l'hôpital,30j à maison
Niger, Habou O (50)	14 jours	2003	56	1	6 à 24 mois	MPE sévère	Milieu hospitalier
Burkina-Faso, Brander B (51)	90 jours	2003	156	3	3 mois à 3 ans	< -3,2 Z scores P/A, -2Z scores T/A	Ambulatoire
Burkina-Faso, Simpore J (52)	8 semaines	2002-2003	550	4	6 mois à 5 ans	Z score compris entre -3 et -1,8 Zscores	Ambulatoire

Tableau VIII : Supplémentation en spiruline dans les différentes études.

Auteurs	Groupe 1 (témoin)	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Dose de spiruline
MALI Kamian K.	Farine SINBA : Mil, niébé, arachide, pain de singe, vitamines,	Farine SINBA plus poisson	Farine SINBA plus spiruline	Néant	5 grammes /jour, Groupe3
CENTRAFRIQUE Lemort (48)	Maïs-soja	Poisson	Spiruline seule	Spiruline-poisson	Groupes 3 et 4
Burkina-Faso Branger B (51)	Renutrition habituelle : allaitement+1 ou 2 bouillies aux farines de céréales locales, + pain de singe, néré, arachide	Renutrition habituelle plus spiruline et poisson (2 sardines par semaine)	Renutrition habituelle plus spiruline	Néant	5 grammes /jour Groupes 2 et 3
ZAIRE Bucaille P. (47)	Néant	Néant	Maïs plus spiruline	Néant	10 grammes/ jour groupe3
NIGER Habou O. (50)	Pas de groupe témoin	Néant	Spiruline dans l'alimentation habituelle	Néant	Groupe 3
SENEGAL Sall MG. (49)	Néant	Néant	Bouillie de céréale plus spiruline	Néant	5 grammes 2 fois/jour Groupe 3

Tableau IX : Prise de poids hebdomadaire et allongement moyen selon le protocole et la ration en supplément ingérée.

Protocole Thérapeutique	Quantité d'énergie par ration (Kcal)	Prise moyenne de poids (kg) /semaine	Allongement (cm) /2mois
Farine seule	105,9	91g	0,556
Farine poisson	183,1	146g	0,479
Farine spiruline	134,2	136g	0,537
Moyenne	141	125g	0,518

FICHE SIGNALETIQUE

Nom : KAMIAN

Prénom : Kadiatou

Nationalité : Malienne

Date de soutenance : 2009

Ville de soutenance : Bamako

Titre : Efficacité comparée de la spiruline, du poisson et des farines infantiles dans la réduction de la malnutrition et de l'anémie chez les enfants à Sabalibougou.

Lieu de dépôt : Bibliothèque de la FMPOS de Bamako

Secteur d'intérêt : Nutrition, Santé Publique, Spiruline.

RESUME

La spiruline, micro-algue classée comme source de protéine non conventionnelle et aussi de vitamines et de minéraux, a été proposée et introduite dans de nombreux pays en développement pour lutter contre la malnutrition du jeune enfant.

Notre étude a porté sur l'efficacité d'une récupération nutritionnelle axée sur l'utilisation de la spiruline en tant que supplément multi-vitaminique et multi-microéléments chez des enfants de 6 à 59 mois à Sabalibougou.

Trois cohortes de 62, 63 et 68 enfants ont été soumises à trois protocoles différents qui consistaient en une bouillie de farine infantile seule (farine enrichie SINBA), de farine infantile au poisson à 5%, et combinée à la spiruline à raison de 5 grammes par jour. L'apport protéique complémentaire est assuré par le poisson ou la spiruline, et l'apport énergétique par les céréales.

Notre étude a confirmé l'efficacité de la spiruline dans la farine comparée aux protocoles farine seule et farine-poisson, dans la prise en charge des stades sévères d'émaciation et d'insuffisance pondérale. La spiruline parvient à faire changer le statut sévère en statut modéré.

Nous avons obtenu un gain de poids de 136 g par semaine et un allongement de 0,537 cm par 2 mois.

L'amélioration du statut anémique des enfants enregistrée a été confirmée indépendante du protocole, de la tranche d'âge et du sexe par le test du Khi-deux.

Efficacité comparée de la spiruline, du poisson et des farines infantiles dans la réduction de la malnutrition et de l'anémie chez les enfants à Sabalibougou.

Mots clefs : spiruline, malnutrition, enfants, supplémentation, Bamako-MALI.



SERMENT DE GALIEN

*Je jure, en présence des maîtres de la faculté, des
conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes
condisciples :*

*D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de
mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant
fidèle à leur enseignement ;*

*D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma
profession avec conscience et de respecter non seulement
la législation en vigueur, mais aussi les règles de
l'honneur, de la probité et du désintéressement ;*

*De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs
envers le malade et sa dignité humaine.*

*En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes
connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et
favoriser des actes criminels.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à
mes promesses.*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères
si j'y manque.*