

# Qualité nutritionnelle et sensorielle d'une farine infantile enrichie au soja et à la spiruline et test de récupération nutritionnelle chez les enfants de 6 à 24 mois au Niger

<sup>1</sup>amadou Moussa Abdoul Razak, <sup>1</sup>mahamadou Lewami, <sup>2</sup>yaou Chaibou, <sup>2</sup>alpha Gado Boureima, <sup>3</sup>alkassoum Ibrahim, <sup>1</sup>houa Sabo Seini, <sup>1</sup>hassoumi Sadou

<sup>1</sup>Département de chimie, Faculté des sciences et techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey <sup>2</sup>Département de biologie, Faculté des sciences et techniques, Université Abdou Moumouni de Niamey

<sup>3</sup>Département de production végétale, Faculté d'Agronomie, Université Abdou Moumouni de Niamey

<sup>4</sup>Ministère de la santé publique (MSP)

<sup>5</sup>Centre de santé intégré de Bangoubanda de liboré (CSI)

Submitted: 25-06-2021

Revised: 01-07-2021

Accepted: 03-07-2021

## RESUME

Au Niger, à partir de 6 mois, la plupart du temps, les aliments compléments et bouillies infantiles ne couvrent pas tous les besoins des enfants en matière de protéines, lipides, glucides et micronutriments. Cela peut plonger les enfants dans la malnutrition. Dans la présente étude, nous avons enrichi une farine de sevrage avec de la spiruline, du soja et une huile végétale. Cette dernière prend le nom de farine CSS+ (farine Céréale+ Soja+ Spiruline). Puis nous avons évalué l'efficacité thérapeutique de cette farine chez des enfants atteints de malnutrition aiguë modérée au (C S I) de bangoubanda de liboré pendant deux semaines. Le rapport poids/taille (Z-Score) est utilisé pour statuer sur le degré de la malnutrition. Elle a consisté en une réhabilitation nutritionnelle en ambulatoire de deux cohortes de 15 enfants malnutris de 6 à 24 mois. Les enfants de la première cohorte sont récupérés à base de la farine, pour la deuxième cohorte, représentant les témoins, les enfants ont reçu la ration à base du plumpy-nut. La farine CSS+ a la composition suivante : 14,19% de protéine, 8,19% de lipide, 76,44% glucide et 2,46% d'humidité, 1,16% de cendre pour une valeur énergétique de 437,98 Kcal. Avec la farine on a enregistré un taux de guérison de 80% et 87% pour la récupération avec du plumpy-nut. Le gain moyen de poids est de 8,24 g/j pour la farine et 8,02g/j pour le plumpy-nut. Cette étude a montré que le complexe céréale-légumineuse-spiruline est aussi très nutritif. Il s'agit d'un nouveau produit du point de vu industrielle et agro-alimentaire, qui

constitue par conséquent une valorisation des denrées locaux.

**Mots clés :** Enfant 6 à 24 mois, malnutrition aiguë modérée, prise en charge, farine CSS+, enrichie, spiruline, soja, huile végétale, Niger.

## ABSTRACT

In Niger, from 6 months, most of the time, infant food supplements and porridge do not cover all the needs of children in terms of proteins, lipids, carbohydrates and micronutrients. This can plunge children into malnutrition. In the present study, we fortified a weaning flour with spirulina, soybeans and vegetable oil. The latter takes the name of CSS + flour (Cereal + Soy + Spirulina flour). We then evaluated the therapeutic efficacy of this flour in children with moderate acute malnutrition at the Bangoubanda CSI in Liboré for two weeks. The weight / height ratio (Z-Score) is used to judge the degree of malnutrition. It consisted of an outpatient nutritional rehabilitation of two cohorts of 15 malnourished children aged 6 to 24 months. The children of the first cohort are recovered based on flour, for the second cohort, representing the witnesses, the children received the ration based on plumpy-nut. CSS + flour has the following composition: 14.19% protein, 8.19% fat, 76.44% carbohydrate and 2.46% moisture, 1.16% ash for an energy value of 437.98 Kcal. With flour we recorded a cure rate of 80% and 87% for recovery with plumpy-nut. The average weight gain is 8.24 g / d for the flour and 8.02 g / d for the plumpy-nut. This study showed that the cereal-legume-spirulina

complex is also very nutritious. This is a new product from an industrial and agri-food point of view, which consequently constitutes an enhancement of local foodstuffs.

**Keywords:** Child 6 to 24 months, moderate acute malnutrition, treatment, CSS + flour, fortified, spirulina, soy, vegetable oil, Niger

## I. INTRODUCTION

Les populations des pays en développement (PED) souffrent le plus de malnutrition par carence d'apport. La malnutrition représente un défi considérable pour la santé humaine, notamment dans ces pays.

Au Niger, la prévalence de la malnutrition aiguë globale est de 23,6%, contre 10,9% des enfants de 24 à 59 mois, soit un enfant sur 10 affectés. Ce taux est en dessous du seuil d'urgence qui est de 15% mais dépasse cependant légèrement le seuil critique qui est de 10% selon l'OMS. Cette prévalence nationale varie selon le milieu de résidence : elle est de 10,5% pour le milieu rural contre 8,5% pour le milieu urbain, selon l'évaluation nationale de la situation nutritionnelle par la méthodologie SMART au Niger (INS, 2018). La Prévalence de la malnutrition aiguë (globale et sévère) basée sur le z-score du poids pour taille (P/T) et/ou œdèmes selon les tranches d'âge des enfants de 6 à 59 mois par strate (région ou département) et au niveau national, Niger octobre-novembre 2018 est pour ensemble (Niger) 431 malnutries aiguës sur 2381 enfants enquêtés pour la tranche d'âge de 6 à 24 mois contre 570 sur 4827 enfants pour la tranche d'âge de 23 à 59 mois (INS, 2018). Cette enquête montre que le degré de vulnérabilité des enfants à la malnutrition aiguë varie en fonction de leur âge. Les enfants ayant deux ans ou plus ont plus de chance de ne pas contracter la malnutrition aiguë que ceux qui ont moins de deux ans.

Au Niger, la dénutrition demeure un problème de santé publique et elle varie traditionnellement avec la période de soudure. Certes, cette situation est aussi liée aux déficits alimentaires chroniques observés dans plusieurs

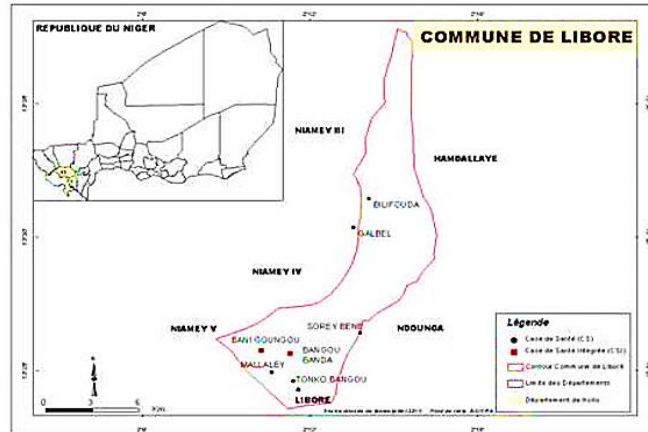
zones vulnérables. Elle résulte également des maladies infectieuses et parasitaires (paludisme, rougeole, diarrhées, infections respiratoires aiguës) fréquentes chez l'enfant, dans un contexte de système de soins déficient, de connaissance insuffisante des bonnes pratiques besoins d'alimentation du nourrisson et du jeune

enfant, mais aussi des pratiques culturelles inappropriées pour une bonne croissance de l'enfant en bas âge, les plus touchés sont ceux de la tranche d'âge de 6 à 24 mois. La faible diversification de l'alimentation des jeunes enfants et le faible apport après le sevrage, contribuent fortement au phénomène de la malnutrition. (Chevassus-Agnès, 1999). Dans les villes du Niger, une grande variété d'aliments de complément pour les enfants et les laits enrichis sont disponibles sur le marché. Ce sont des produits de grande qualité, généralement normés. Ces produits coûtent chers pour les ménages pauvres. Cette recherche va dans la même vision de contribuer au Politique Nationale de Sécurité Nutritionnelle pour la période 2016-2025 dont l'objectif est d'atteindre l'ODD 2 qui consiste à éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture. Ce dans ce sens que s'inscrit cette étude qui a comme objectif général de Contribuer à prévenir et à réduire la malnutrition aiguë modérée des enfants âgés de 6 à 24 mois au Niger. Pour atteindre l'objectif général il en ressort des objectifs spécifiques qui consistent à :

- Mettre au point une farine infantile à base des denrées locales (Maïs, riz,) enrichie de la farine à base de la spiruline et soja pour augmenter la teneur en protéines et micronutriments.
- Etudier la qualité sensorielle de la farine.
- Apprendre aux mères comment préparer et administrer de la bouillie à base de la farine CSS+.
- Tester l'efficacité thérapeutique de la farine fabriquée sur la malnutrition aiguë modérée des enfants âgés de 6 à 24 mois.
- Étudier les variations des indicateurs anthropométriques en fonction des prises de la ration et du temps.

## II. MATERIEL ET METHODES

### Le cadre d'étude



Carte géographique de la commune de Liboré

Source : (Oumarou et al, 2014).

Sur les 3 CSI que compte la commune de liboré, l'étude a été réalisée dans le CSI de bangoubanda de liboré (voir carte). En effet, il est doté d'un CRENAS et reçoit le plus grand nombre des malnutris. La récupération nutritionnelle à base de la farine vise les enfants malnutris aigues modérés âgés de 6 à 24 mois, vus en consultation nutritionnelle.

### Processus techno-fonctionnel de fabrication de la farine.

#### Critères de choix des denrées

Les matières premières utilisées dans la fabrication de notre farine sont choisies selon les critères suivants :

- Les valeurs nutritionnelles des ingrédients pouvant satisfaire les besoins des enfants ;
- Les habitudes alimentaires de la population ;
- La disponibilité et le coût des matières premières.

Parmi les divers produits existant sur le marché local, notre choix s'est porté sur le MAÏS et le RIZ comme céréales, le SOJA comme légumineuse et la

SPIRULINE comme source de vitamines et de minéraux.

#### Matériels utilisés

Broyeur à graine, Torréfacteur, Balance, Tamis, fiche de surveillance des paramètres anthropométriques, le Ruban pour le MUAC.

#### Formulation de la farine

Formuler une farine infantile consiste à déterminer les proportions dans lesquelles les denrées doivent être mélangées pour répondre aux besoins nutritionnels fixés.

Tenant compte des besoins nutritionnels fixés, nous avons formulé une farine infantile à partir de simple calcul tenant compte la composition nutritionnelle pour 100g des denrées. Mais il y'a lieu de notifier que la portée de cet aspect théorique peut être modifié dans la pratique. C'est ainsi que nous avons utilisons la table de composition standard de FAO/OMS (2005). Le calcul théorique nous permet de garder la formule de la farine (Tableau I), qui se rapproche à la formule standard de l'OMS.

Tableau I : Quantité des denrées en gramme pour préparer 100g

Ingrédients	Quantité en gramme pour 100g de farine
Maïs	35
Riz	25
Soja	20
Spiruline	10
Sucre blanc	10

L'huile végétale est utilisée lors de la préparation de la bouillie en raison de 5 g d'huile (= une cuillère à café) végétale pour 100g de farine.

**Conditionnement et conservation de la farine**

Nous utilisons les sachets en polyéthylène (PE) pour l'emballage

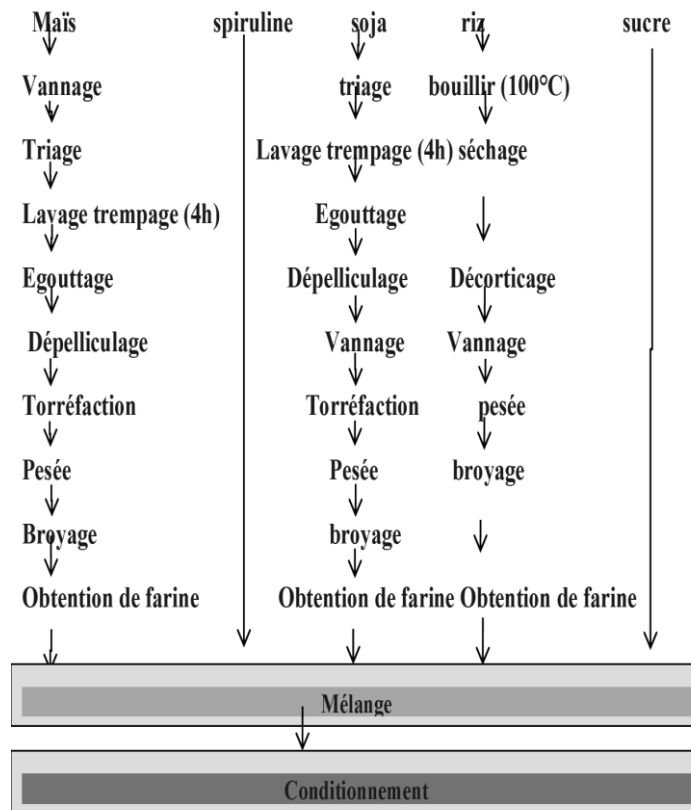
**Tenue de travail** : port de bonnets, gants, et habits propres.

**Hygiène individuelle :**

Le lavage des mains et des ongles est obligatoire avant de commencer le travail et après chaque visite aux vestiaires et toilettes et après avoir manipulé les palettes ou autres équipements susceptibles de contamination

**Stockage :**

Les produits seront stockés dans des conditions telles que le développement et la multiplication des micro-organismes soient impossibles ; que leur présence soit facilement détectable, et leur destruction soit aisée, environnement sec sans humidité.



**Diagramme de fabrication de la farine CSS+**

**Analyses sensorielles**

« L'analyse sensorielle est une méthode permettant de déterminer les qualités et les caractéristiques organoleptiques d'un produit à travers les organes des sens de l'homme »

(Lalaina, 2000).

**Choix des sujets**

Plusieurs critères de sélections sont utilisés :

- ✓ La motivation technique sur l'évaluation sensorielle
- ✓ Le sexe, l'Age, disponibilité
- ✓ Capacité de compréhension et d'expression
- ✓ L'aptitude à différencier et à décrire le produit (Lalaina, 2000).

**Présentation de l'échantillon**

A chaque participant il est donné de la farine et de l'eau pour préparer la bouillie,

Au total nous avons 15 participants entraînés.

**L'environnement**

L'épreuve se déroule dans une salle calme, odeur aérée, température ambiante.

**La conduite des épreuves**

Avant toutes choses, les participants sont sensibilisés et formés sur les méthodologies, les critères et le but de l'analyse sensorielle.

Les épreuves sont choisies en fonction de notre objectif sur l'analyse ici nous voulons faire une description et l'acceptation de la farine.

### Les épreuves descriptives

L'intérêt de l'analyse réside dans la définition du produit avec des descripteurs appropriés à l'évaluation d'intensité de ces propriétés sensorielles. (Lalaina, 2000).

Ainsi nous avons effectué l'épreuve descriptive quantitative qui permet de déterminer : la couleur, la saveur, l'aspect et l'odeur. L'épreuve descriptive qualitative permet de d'évaluer : l'arôme, la saveur, la texture.

### Les épreuves hédoniques

Il s'agit d'évaluer l'appréciation du produit par les consommateurs cibles.

**Le test d'acceptation**, réalisé afin de savoir si la farine est acceptée ou non par les consommateurs cibles (enfants).

### Analyse biochimique du laboratoire

Les analyses biochimiques permettent de déterminer la qualité nutritionnelle de la farine, notamment le taux d'humidité, de protéine, de matières grasses, et de cendre.

### Méthode de dosage des protéines

La méthode Kjeldahl est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments.

### Calcul du % de protéines dans l'échantillon

$$\% \text{ protéines} = \% \text{ N} \times \text{F} = (\text{VE} - \text{VB}) \times \text{CN} \times 14,01 \times \text{F} / \text{M}$$

-%N = % d'azote

- CN = Concentration d'azote

- VE = Volume équivalence

- VB = volume de la base

- M = Masse de l'échantillon.

### Détermination de la teneur en Matières grasses

Le principe est basé sur l'extraction d'une prise d'essai à l'hexane par percolation, suivis d'une élimination du solvant par distillation et enfin d'une dessiccation du résidu à l'étuve et la pesée de celui-ci.



Les quantités de farine sont calculées et rapportées dans le tableau ci-après.

**Calcul :** Matières grasses (%) =  $100 \times (P_3 - P_2) / P_1$ .

-P3= Poids du ballon + Matière grasse

-P2= Poids du ballon à vide.

-P1= Poids de la farine

### Détermination de la teneur en eau (humidité) de la farine

Elle se base sur la déshydratation de la farine à l'étuve à 100°C.

**Calcul :** Humidité (%) =  $100 \times (1 - (P_2 - P_0) / P_1)$

-(P2) = P0+ Poids de la farine après étuvage

- P0= Poids à vide du creuset

-P1= Poids de la farine.

### Détermination de la teneur en cendres

Les cendres sont mesurées par incinération au four à 600 °C pendant 6 heures. (Annexe 6).

**Calcul :** Cendre (%) =  $100 \times ((P_2 - P_0) / P_1)$

-P0= Poids à vide du creuset

-P1= Poids de la farine.

-P2= Creuset après minéralisation

### Détermination de la teneur en glucide

Après avoir calculé la teneur en protéine, matière grasse, Cendre, Eau, on peut déduire la teneur en glucides totaux contenu dans la farine et aussi déterminer l'apport calorique pour 100g de la farine.

% en glucides totaux=  $100 - \% \text{ en protéines} + \% \text{ Matières grasse} + \% \text{ Cendre} + \% \text{ Eau}$

### Valeur énergétique de la farine

La valeur énergétique de la farine est déterminée par la méthode de calcul.

1 g de glucide libère 4 Kilocalories

1 g de protéine libère 4 Kilocalories

1 g de lipide libère 9 Kilocalories

### Méthodes de préparation de la bouillie normes et dosages

Un volume de farine (maïs +soja+ riz+ sucre+ spiruline) + huile + 4 volumes d'eau à mélanger et à faire cuire pendant 10 à 15 minutes. La bouillie est faite selon la convenance de l'enfant.

**Tableau II : Quantité de farine pour la préparation de bouillie, par repas et par jour.**

Ages	Poids (kg)	Energie kcal /j	Quantité farine g/Jour	Quantité de farine g/Repas
6-8 mois	8,3	916	209,14	69,71 en 3repas/J
				52,28 en 4repas/J
9-11 mois	9,6	1000	228,32	76,10 en 3repas/J
				57,08 en 4repas/J
1ans	11,4	1200	273,98	91,32 en 3repas/J
				68,49 en 4repas/J
2ans	13,6	1400	319,64	106,54 en 3repas/J
				79,91 en 4repas/J

### III. RESULTATS-DISCUSSIONS

#### Résultats des Analyses sensorielles

A partir des types d'appréciations apportés aux caractéristiques organoleptiques de la farine

par les sujets, nous avons pu déterminer des descripteurs des caractéristiques sensorielles de la farine :

**Tableau III : repartitions des descripteurs sensoriels par intensité moyenne de perception rapporté par les sujets**

ASPECT/COULEUR	TEXTURE	SAVEUR	AROME
Jaune verdâtre	Homogène	Spiruline	Soja
Moyennement jaune	Granuleuse	(saveur poisson)	Spiruline
Blanchâtre	Grumeleux	Sucre	(saveur poisson)
	Onctueux	Moins sucre	Soja-poisson
	Peux grumeleux		

Les résultats de l'épreuve descriptive nous ont permis d'élaborer la répartition des descripteurs sensoriels par intensité moyenne de perception rapporté par les sujets

#### Epreuves descriptives quantitatives

**Tableau IV : Moyennes des intensités des caractéristiques organoleptiques**

Aspects/couleur				Texture			
jaune verdâtre	Moyennement jaune	blanchâtre au vert		Homogène	Granuleuse	Grumeleux	Onctueux Peux grumeleux
4,3	2,7	0	4,5	0	1	2,1	1
Saveur				Arôme/odeur			
Spiruline : saveur du poisson		Sucré	Moins sucré	Spiruline odeur du poisson	Soja	Soja-spiruline	
2		4,8	1	1,3	4	4,9	



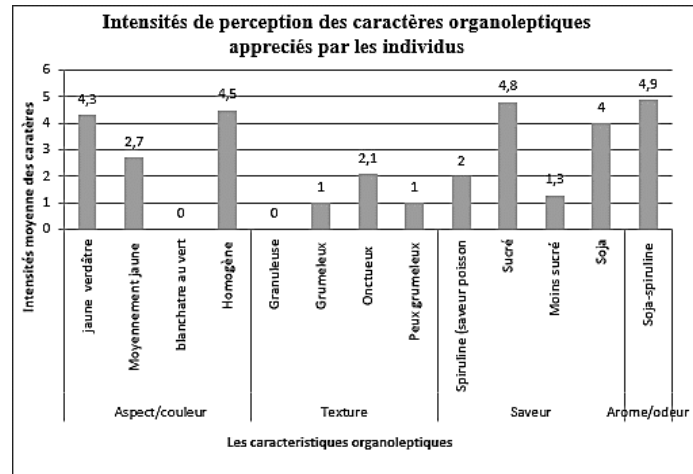


Figure 1 : Répartition des appréciations de la farine par les sujets

En général, la majorité des sujets intervenus dans le test de contrôle sensoriel se sont penchés vers les caractères organoleptiques suivant :

- ✓ Couleur jaune verdâtre : Intensité moyenne (4,3)
- ✓ Texture homogène : Intensité moyenne (4,5)
- ✓ Saveur sucrée : Intensité moyenne (4,8)
- ✓ Arôme soja-spiruline : Intensité moyenne (4,9)

spiruline combinée au soja est à l'origine de l'arôme complexe soja-spiruline comme le montre la **figure 2**, la plus grande intensité d'appréciation en termes d'arôme indiqué par les dégustateurs est la sensation de soja combiné à la spiruline c'est à dire l'odeur du poisson.

Il faut noter que le soja a une odeur au voisinage du poisson séché, cette odeur de la

Résultats des tests d'acceptation

Tableau V : Répartition de l'appréciation de la farine

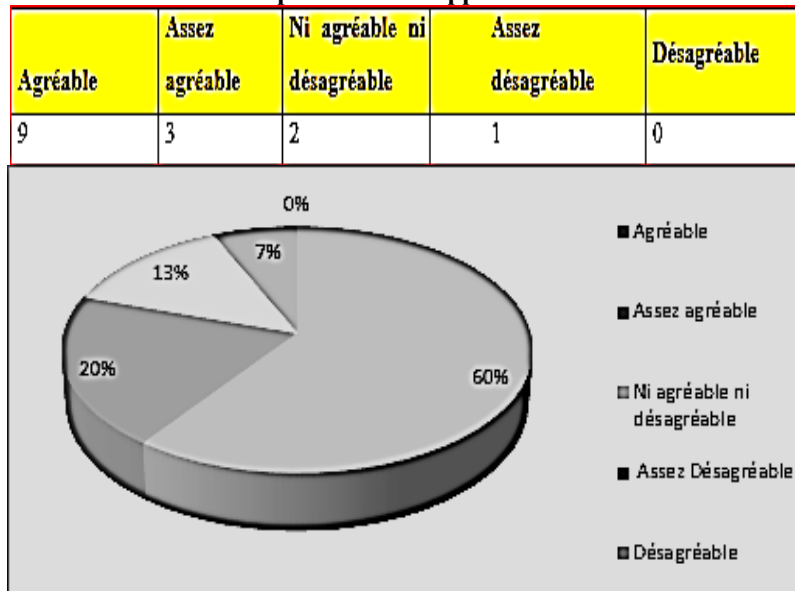


Figure 2 : Répartition de l'appréciation de la

Rappelons qu'une bouillie est préparée pour que les mères le fassent goûter à leurs enfants. Ces dernières nous ont répondu sur comment l'enfant a-t-il trouvé la bouillie selon leur impression comme le montre la figure

### Résultats des analyses biochimiques

L'analyse biochimique au laboratoire de nutrition de productions animales nous a donné des résultats présentés dans le tableau VI pour trois répétitions.

**Tableau VI : Apports nutritionnels pour 100g de farine CSS+**

Composition (%) /100g de farine	Protéines	lipides	glucides	endre	Humidité
Essai 1	14,28	8,86	75,68	1,17	2,98
Essai 2	14,48	8,21	76,16	1,14	2,71
Essai 3	13,81	7,52	77,48	1,17	1,68
Moyennes des trois essais	14,19	8,19	76,44	1,16	2,46
Ecart-types des trois essais	0,34	0,67	0,93	0,01	0,68

Les résultats présentés dans le tableau ci-dessus nous montrent que la farine CSS+ fabriquée a des qualités nutritionnelles. 100g de la farine libère en moyen 437,98 Kcal. L'humidité de la farine est de 2,46% ce qui montre 97,54% de matières sèches. Ce pourcentage montre les caractéristiques d'une farine facile à conserver et réduit les risques de développement des moisissures. En plus le taux élevé de matière sèche est une caractéristique de farine nutritive, vu que les grains ont été torréfiés et déshydratés avant leur concassage, en plus de conservation, les risques d'oxydation sont limités.

Les proportions nutritionnelles importantes montrent que la farine peut être utilisée dans les sevrages et préventions des carences protéino-énergétiques des enfants.

### L'efficacité thérapeutique de la farine Les paramètres anthropométriques de départ

Les enfants vus en consultation nutritionnelle, représentés en deux groupes ont été diagnostiqués et les paramètres anthropométriques de départ ont servi de référence pour les suivis nutritionnels. Pour les deux groupes de patients les paramètres mesurés sont présentés dans les tableaux VII et VIII.

**Tableau VII : paramètres anthropométriques de départ pour les enfants au traitement à base de la farine CSS+**

Fiche de surveillance des paramètres anthropométriques pour les enfants au traitement à base de la farine CSS+							
Numéros	Sexe m/f	Age (mois)	Poids (kg)	Taille (cm)	Périmètre Brachial (mm)	Poids/taille (z-score)	Type de malnutrition (sévère/Modérée)
1	M	16	7,40	73	120	< -2 et ≥ -3	Modérée
2	F	24	7,60	82	115	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	Sévère
3	M	12	6,30	67	123	< -2 et ≥ -3	Modérée
4	M	10	6,20	69	115	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	Sévère
5	F	12	6,40	66	124	< -2 et ≥ -3	Modérée
6	F	24	5,20	64	115	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	Sévère
7	F	18	7,00	73	123	< -2 et ≥ -3	Modérée
8	F	14	5,90	69	115	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	Sévère
9	F	8	4,50	85	120	< -2 et ≥ -3	Modérée
10	F	12	4,50	66	110	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	Sévère
11	M	8	6,40	70	115	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	Sévère
12	M	13	7,50	74	120	< -2 et ≥ -3	Modérée
13	F	8	6,20	66	120	< -2 et ≥ -3	Modérée
14	F	12	7,00	74	120	< -2 et ≥ -3	Modérée
15	F	11	5,60	64	120	< -2 et ≥ -3	Modérée

Pour les 15 enfants, pris pour la récupération avec la farine, les poids varient entre 4,5 kg et 7,60 kg. Ces poids sont inférieurs au poids normaux de croissance des enfants par rapport à leurs âges. Les enfants ont été classés en fonction de leurs degrés de malnutrition à travers l'indice P/T qui est

exprimé en Z-score et le PB. Les P/T < -2 et ≥ -3 et 125 > PB ≥ 115 mm sont qualifiés de MAM et les P/T > -3 et/ou œdèmes bilatéraux et PB < 115 mm sont qualifiés de MAS et les P/T > -2 sont sains. Le tableau VII nous montre que 9 enfants sont MAM et 6 sont MAS.

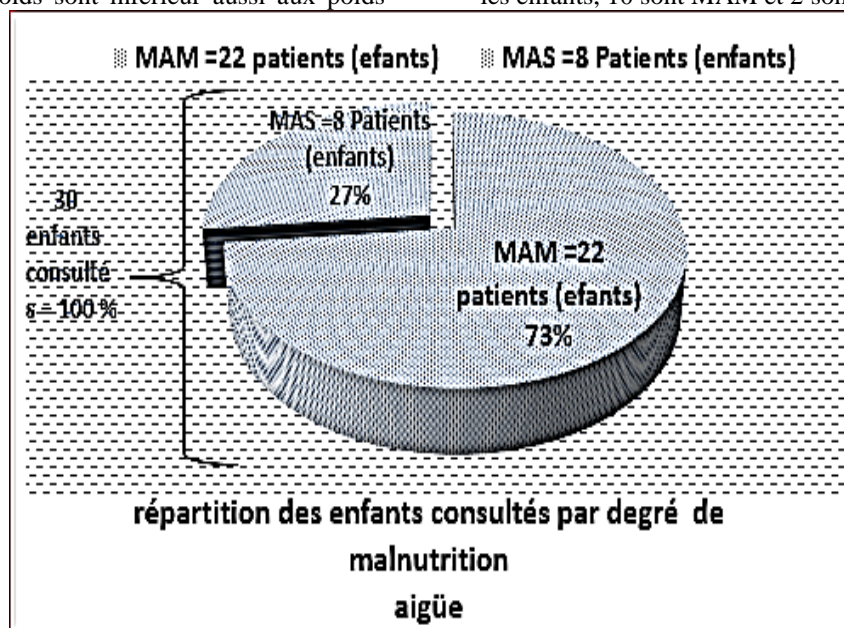


**Tableau VIII : Paramètres anthropométriques de départ pour les enfants au traitement à base d'un autre aliment thérapeutique (ATPE) :Le plumpy-nut**

Fiche de surveillance des paramètres anthropométriques pour les enfants au traitement à base d'un autre aliment thérapeutique (ATPE) : le plumpy-nut							
Numéros	Sexe m/f	Age (mois)	Poids (kg)	Taille (cm)	Périmètre Brachial (mm)	Poids/taille (z-score)	Statut Nutritionnel (sévère/Modéré)
1	M	10	6,50	70,5	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
2	M	8	5,40	63,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
3	F	12	5,20	61,0	122	< -2 et ≥ -3	Modéré
4	M	14	6,50	70,0	123	< -2 et ≥ -3	Modéré
5	M	16	6,40	69,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
6	F	6	5,20	61,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
7	M	10	3,40	54,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
8	M	15	6,60	74,0	115	< -3 et ≥ -3 et/ou Edèmes bilatéraux	Sévère
9	F	11	5,80	65,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
10	F	9	6,60	68,5	122	< -2 et ≥ -3	Modéré
11	F	12	6,00	67,5	115	< -3 et/ou Edèmes bilatéraux	Sévère
12	F	12	5,60	64,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
13	F	8	5,10	63,0	120	< -2 et ≥ -3	Modéré
14	F	15	7,00	72,5	121	< -2 et ≥ -3	Modéré
15	F	21	9,00	81,5	120	< -2 et ≥ -3	Modéré

Pour les 15 enfants, pris pour la récupération avec le plumpy-nut les poids varient entre 3,40 kg et 9,00 kg. Ces poids sont inférieurs aussi aux poids

normaux de croissance des enfants par rapport à leurs âges. Le tableau VIII nous montre que parmi les enfants, 10 sont MAM et 2 sont MAS.



**Figure 3 : Répartition des enfants par degré de malnutrition aiguë**

Parmi les 30 enfants consultés au CSI, 22 enfants sont qualifiés de malnutries aiguës modérés et correspondent à 73%. 8 enfants sont malnutries aiguës sévères et correspondent à un taux de 27%. Ces résultats montrent qu'il y'a plus de malnutries aiguës modérés que de malnutries aiguës sévères dans la récupération nutritionnelle.

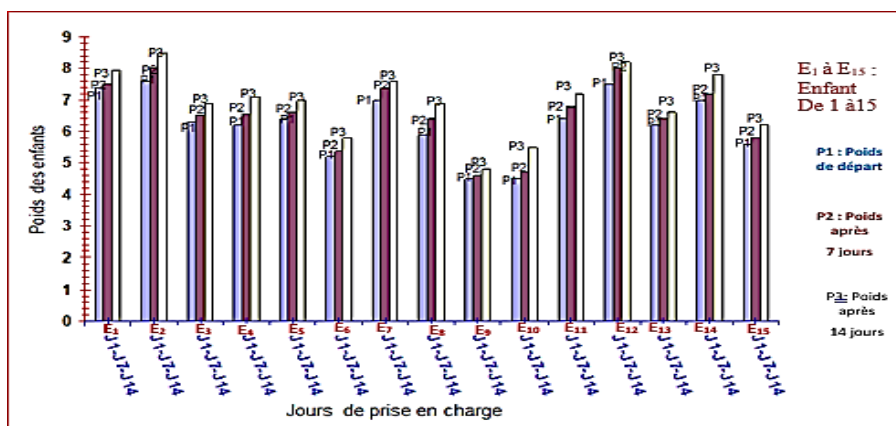
**Les paramètres anthropométriques de suivi nutritionnel pour deux semaines de consultation.** Après la formation des femmes, un rendez-vous est donné aux femmes pour une semaine et les paramètres anthropométriques sont mesurés à la 1ère et 2<sup>ème</sup> semaine de consultation. Les résultats sont présentés dans le tableau IX et X.

**Tableau IX : Paramètres de surveillance nutritionnelle pour les volontaires au traitement à base de la farine.**

Fiche des paramètres anthropométriques pour deux consultations nutritionnelles successives : cas des volontaires pour la ration à base de la farine fabriquée (CSS+)										
1 <sup>er</sup> semaine de récupération nutritionnelle							2 <sup>ème</sup> semaine de récupération nutritionnelle			
N°	N° Sexe M/F	Age (mois)	Poids (kg)	PB Mm	Poids/Taille (Z-score)	Statut (sévère/modéré/Cuéri)	Poids (kg)	PB mm	P/T (Z-score)	Cuéri (oui/non)
1	N°1 M	16	7,50	124	< -2 et ≥ -3	Modéré	7,95	125		Oui
2	N°2 F	24	8,00	116	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	sévère	8,50	120	< -2 et ≥ -3	Non
3	N°3 M	12	6,50	123	< -2 et ≥ -3	Modéré	6,90	125	> -2	Oui
4	N°4 M	10	6,56	124	< -2 et ≥ -3	Modéré	7,10	125	> -2	Oui
5	N°5 F	12	6,60	125	< -2 et ≥ -3	Modéré	7,00	130	> -2	Oui
6	N°6 F	24	5,40	124	< -2 et ≥ -3	Modéré	5,80	120	> -2	Oui
7	N°7 F	18	7,40	125	= -2	Cuéri	7,60	125	> -2	Oui
8	N°8 F	14	6,40	120	< -2 et ≥ -3	Modéré	6,90	125	> -2	Oui
9	N°9 F	8	4,60	124	< -2 et ≥ -3	Modéré	4,80	125	> -2	Oui
10	N°10 F	12	4,70	115	< -3 et/ou œdèmes bilatéraux	sévère	5,50	110	≤ -3	Non
11	N°11 M	8	6,80	120	< -2 et ≥ -3	Modéré	7,20	120	< -2 et ≥ -3	Non
12	N°12 M	13	8,00	123	< -2 et ≥ -3	Modéré	8,20	125	> -2	Oui
13	N°13 F	8	6,40	124	< -2 et ≥ -3	Modéré	6,60	125	> -2	Oui
14	N°14 F	12	7,20	122	< -2 et ≥ -3	Modéré	7,80	125	> -2	Oui
15	N°15 F	11	5,80	125	< -2 et ≥ -3	Modéré	6,20	130	> -2	Oui

Au début de la récupération nutritionnelle à base de la farine enrichie, les poids varient entre 3,00 et 7,60 Kg : **Tableau VII**. Après les 14 jours de prise en charge nutritionnelle, les poids ont évolué et varient entre 4,80 et 8,50 Kg (poids des enfants N°2 et N°9) : **Tableau IX**.

Ces paramètres montrent une amélioration du point nutritionnelle



**Figure 4 : l'évolution du poids en fonction du temps : Cas des enfants pris en charges à base de la farine infantile.**

Pour la prise en charge nutritionnelle à base de la farine, la figure 8 nous montre l'augmentation des poids des enfants en fonction du temps.

Le poids P1 correspond au poids de départ pour la première consultation nutritionnelle des enfants récupérés au CREN.

J1 est le premier jour de consultation nutritionnelle et mesure de l'état nutritionnel.

Les poids évoluent en fonction du temps, après 7 jours (J7) de récupération nutritionnelle, pour tout

âge confondu, les poids augmentent de P1 à P2 et après 14 jours (J14) de récupération, les poids P2 des enfants augmentent à P3.

Nous constatons une augmentation nette entre les poids de départ et ceux mesurés après les 14 jours de récupération.

Ces différences sur l'indicateur (Poids des enfants) montrent une efficacité thérapeutique considérable de la farine vis-à-vis de la malnutrition aiguë, dans la récupération nutritionnelle des enfants.

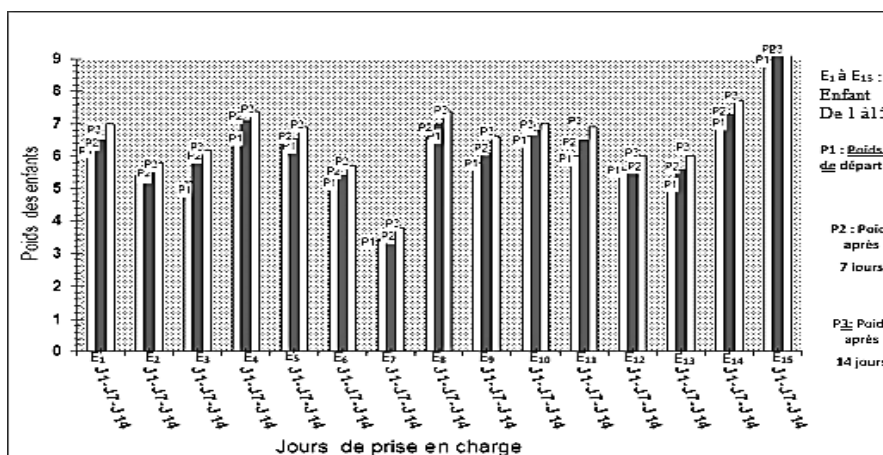
**Tableau X : Paramètres de surveillance nutritionnelle pour les volontaires au traitement à base d'autre ATPE (plumpy-nut).**

Fiche de suivi des paramètres anthropométriques pour deux consultations nutritionnelles successives : cas des enfants pris en charge avec l'ATPE (plumpy-nut)										
1 <sup>ère</sup> semaine de récupération nutritionnelle						2 <sup>ème</sup> semaine de récupération nutritionnelle				
N°	Sexe M/F	Age mois	Poids (kg)	PB Mm	Poids/Taille (Z-score)	Statut (sévère/modéré) ou guéri	Poids (kg)	PB Mm	P/T Z-score	Guéri Oui/Non
1	M	10	6,50	120	< -2 et ≥ -3	modéré	7,00	125	> -2	Oui
2	M	8	5,60	115	< -2 et ≥ -3	modéré	5,80	120	> -2	Oui
3	F	12	5,90	115	< -2 et ≥ -3	modéré	6,20	120	> -2	Oui
4	M	14	7,10	110	< -3 et/ou Œdèmes bilatéraux	Sévère	7,40	120	> -2	Oui
5	M	16	6,56	120	< -2 et ≥ -3	modéré	6,90	120	< -2	Non
6	F	6	5,40	115	< -2	Guéri	5,70	120	> -2	Oui
7	M	10	3,50	120	< -2 et ≥ -3	modéré	3,80	125	> -2	Oui
8	M	15	7,00	115	< -3 et/ou Œdèmes bilatéraux	sévère	7,40	118	< -2	Non
9	F	11	6,10	115	< -2 et ≥ -3	modéré	6,60	120	> -2	Oui
10	F	9	6,80	125	< -2 et ≥ -3	modéré	7,00	125	> -2	Oui
11	F	12	6,50	115	< -2 et ≥ -3	modéré	6,90	120	> -2	Oui
12	F	12	5,70	120	> -2	Guéri	6,00	125	> -2	Oui
13	F	8	5,60	125	> -2	Guéri	6,00	130	> -2	Oui
14	F	15	7,30	115	< -2 et ≥ -3	modéré	7,70	120	> -2	Oui
15	F	21	9,20	125	> -2	Guéri	9,60	130	> -2	Oui

Au début de la récupération nutritionnelle à base du plumpy-nut, les poids varient entre 3,40 et 9,20 Kg : **Tableau VIII**.

Après les 14 jours de prise en charge nutritionnelle, les poids ont évolué et varient entre 3,80 et 9,60 Kg (enfant N°7 et N°15) : **Tableau X**.

Ces différences sur l'indicateur (Poids des enfants) montrent aussi une amélioration considérable de l'état nutritionnel des enfants, dans la récupération nutritionnelle des enfants à base du plumpy-nut.



**Figure 5 : l'évolution du poids en fonction du temps : Cas des enfants pris en charges à base l'ATPE (plumpy-nut).**

Pour la prise en charge nutritionnelle à base du plumpy-nut la **figure 5** montre l'évolution des poids des enfants en fonction du temps. Le poids P1 correspond au poids de départ pour la première consultation nutritionnelle des enfants récupérés au CREN.

J1 est le premier jour de consultation nutritionnelle. Les poids évoluent en fonction du temps, après 7 jours (J7) de récupération nutritionnelle, pour tous âges confondus, les poids augmentent de P1 à P2 et après 14 jours (J14) de récupération, les poids P2 des enfants augmentent à P3.

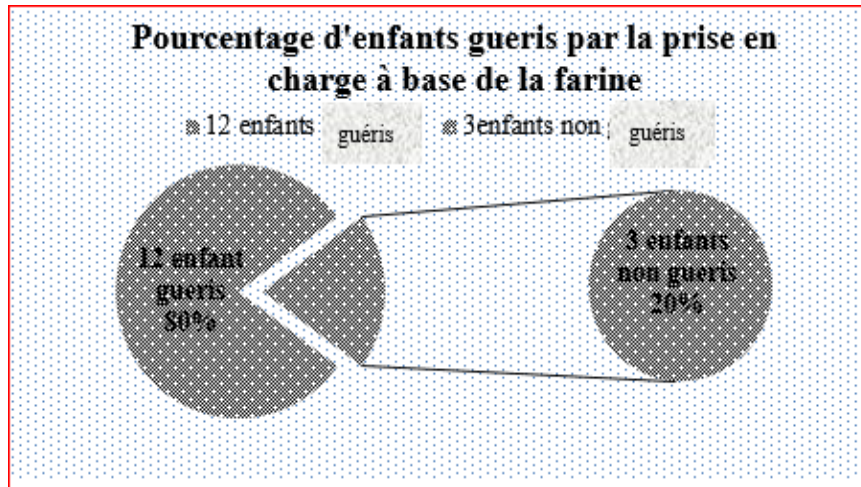


Figure 6 : Pourcentage d'enfants guéris par le traitement à base de la farine.

Pour la récupération nutritionnelle avec la farine, sur 15 enfants malnutris au départ 12 sont sortis guéris après les deux semaines de récupération nutritionnelle.

Les 12 enfants guéris représentent un taux de guérison de 80% pour la récupération avec de la farine les 3 autres non guéris dont 20% sont dus à certaines complications médicales.

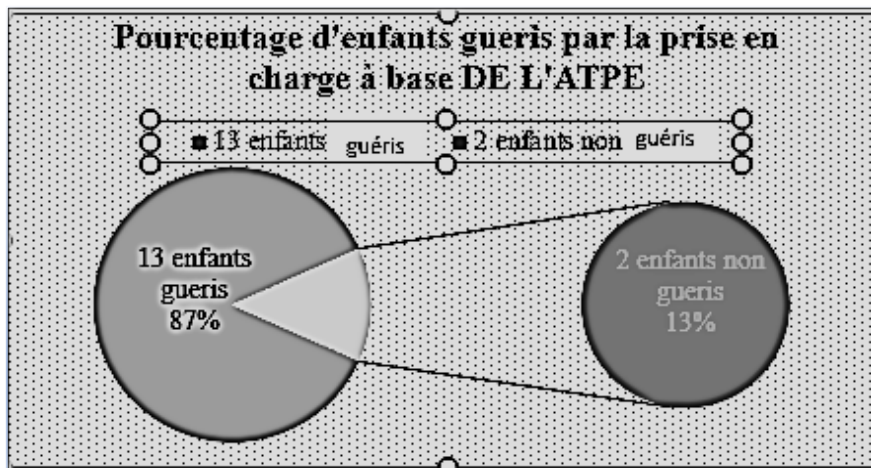


Figure 7 : Pourcentage d'enfants guéris par le traitement à base de la farine

La figure 7 montre le taux de guérison pour la récupération avec le plumpy-nut où sur 15 récupérés, 13 sont sortis guéris après deux consultations et représentent un taux de guérison de 87% pour la récupération avec ce dernier. 2 sont restés non guéris et correspond à 13%.

**Test de student portant sur la valeur moyenne d'une loi normale.**

Pour la vérification de comparabilité des traitements nutritionnels, le test de comparaison de deux échantillons est utilisé à travers leurs moyennes.

Les deux échantillons (f et p) à comparer sont supposés être indépendants de même variances et de tailles respectives  $n_f$  et  $n_p$ ; ddl (degré de liberté  $n_1 + n_2 - 2 = 28$ ), au risque  $\alpha = 0,05$

On admet que le gain de poids des enfants pour la prise en charge avec la farine et avec l'ATPE est distribuée dans chaque espèce suivant une loi gaussienne. et que les variances de ces deux distributions peuvent être considérer comme (même efficacités thérapeutiques). La valeur critique  $t_{\frac{\alpha}{2}}$  lie dans la table de student est  $t_{\frac{\alpha}{2}} = 0,73$  et  $|t| = 0,33 < (t_{\frac{\alpha}{2}} = 0,73$

En conclusion nous pouvons dire que le test de student montre que les deux moyennes pour les deux types de traitement ne sont pas significativement différentes.

Ce test nous informe sur l'efficacité du traitement nutritionnel avec la nouvelle farine fabriquée et que la farine à l'instar du plumpy-nut



peut être utilisée dans les préventions et traitements de la malnutrition aiguë modéré et ou sévère/sans complication dans les formations sanitaires des CRENAM et CRENAS

#### IV. DISCUSSIONS

##### Qualités nutritionnelles de la farine

Le taux d'humidité de la farine est de 2,45%, Le taux d'humidité de la farine joue un rôle important dans sa durée de conservation et dans le goût du produit fini. Plus une farine est sèche mieux elle se conserve. Ce taux est inférieur à la norme indiquant un taux de 5% FAO/OMS, 2006, ceci est appréciable. Mais notre résultat est légèrement supérieur à celui trouvé sur la farine FARILAC à Madagascar avec une humidité de 1,5% (Trèche, 1988).

La faible teneur en humidité de la farine augmente sa durée de conservation. Ces résultats sont inférieurs à ceux d'Alozié et al. (2009) qui ont obtenu dans la farine bambara un taux d'humidité de 5% et ceux de F. N. TSHITE et al. 2015, qui ont rapporté 5,9%.

La teneur en matières sèches est de 97,55 ceci est un indicateur d'une farine énergétiquement dense. La composition pour 100g de la farine est de : 14, 19% de protéines, 8,19% de lipides, et 76,44% glucides et énergie 437,98 Kcal. Ces résultats sont supérieurs à ceux trouvés pour la farine VITAFORT au Congo où l'analyse pour 100 g a donné : glucides 74,05 g, protéines 10,5 g, lipides 5,8 g et énergie 380 kcal (Tchibanga, 1992). Ils sont aussi supérieurs aux résultats trouvés sur la farine FARILAC, à Madagascar par Trèche, 1988 : En termes de protéines 13 g, graisses 7,6 g, humidité 1,5g et 425 Kcal pour 100 g, mais les teneurs en glucides et cendres sont légèrement supérieurs à nos résultats trouvés, 100g de farine FARILAC contient en moyen 78,5g, cendre 2,1g contre 1,26 g de cendre et 76,44g de glucides.

Les apports nutritionnels de la farine CSS+ sont appréciables par rapport à la farine de référence FAO/OMS (2006) : protéine 15g, lipide 8g, glucide 68g. En plus, la farine renferme une valeur énergétique 437,98 Kcal qui est supérieure à la valeur moyenne de FAO/OMS, 2006 : 400 Kcal. Le résultat est aussi supérieur à celui trouvé pour SOY-OGI (Nigeria), Wijngaart, 2005 et OMS/UNICEF, 2003 : 400 Kcal/100g et BITAMIN (Niger), Ibrahim. 1991 : 406 Kcal/100g.

L'apport protéique et l'apport calorique pour 100 g de la farine CSS+ sont similaires à ceux de la farine Misola fabriquée au Burkina Faso S. Soubeiga. 1982, où l'analyse pour 100 g a donné : 430 kcal de l'énergie et 13-15 g de protéines.

##### Qualité sensorielle de la farine

Rappelons qu'une bouillie est préparée pour que les mères le fassent goûter à leurs enfants.

Ces dernières nous ont répondu sur comment l'enfant a-t-il trouvé la bouillie selon leur impression.

Ainsi nous avons trouvé que :60% des mères, selon leurs impressions ont jugé la farine d'agréable 20% des mères, selon leurs impressions ont jugé la farine d'assez agréable,13% des mères, selon leurs impressions ont jugé la farine de ni agréable et ni désagréable, 7% des mères, selon leurs impressions ont jugé la farine d'assez désagréable. Au total, 80% des mères ont donné une réponse favorable aux préférences de leurs enfants avec la bouillie préparée à base de la farine CSS+.

Pour le test de contrôle sensoriel, la majorité des sujets intervenus se sont penchés vers les caractères organoleptiques suivant :

Couleur jaune verdâtre, texture homogène, saveur sucrée, arôme soja-spiruline. Il faut noter que le soja a une odeur au voisinage du poisson séché, cette odeur de la spiruline combinée au soja est à l'origine de l'arôme complexe soja-spiruline.

##### Efficacité thérapeutique de la farine

Pour la récupération nutritionnelle avec la farine, sur 15 enfants malnutris au départ 12 sont sortis guéris après les deux semaines de récupération nutritionnelle. Les 12 enfants guéris représentent un taux de guérison de 80% pour la récupération avec de la farine les 3 autres non guéris dont 20% sont dus à certaines complications médicales. Pour ceux récupérés avec l'ATPE sur 15 enfants, 13 sont sortis guéris après deux consultations et représentent un taux de guérison de 87% pour la récupération avec du plumpy-nut. Ces résultats sont similaires à l'étude faite par : Kamian, 2009 dans une récupération nutritionnelle aux malis à base d'une farine enrichie à la spiruline dont sur 57 enfants récupérés 51 sont sortis guéris à la fin.

Les enfants qui sont rentés avec des P/T <-2 et  $\geq$  -3 et PB  $\geq$ 115 et <125 mm, qualifiés de MAM (Malnutrition aiguë modérés) sont sorties guéries avec les P/T >-2 Ces résultats sont similaires à ceux de Kamian, 2009 où le maximum de la courbe est enregistré à -1 Z-score à la fin d'étude alors qu'au départ, il se situait à -3 Z scores.

La moyenne de gain de poids de 8,24 g/j correspond à 115,36 g par semaine par le traitement avec la farine. Avec le plumpy-nut, le gain de poids est de 8,02 g/j correspondant à 112,28 g par semaine de récupération. Ces résultats sont supérieurs aux résultats trouvés lors d'un essai de

réhabilitation nutritionnelle avec de la spiruline dans un CHU à Dakar à propos de 59 cas qui ont apporté un gain moyen en poids de 7,64 grammes/jour (Dankoko, et al. 1999). Nos résultats sont inférieurs à ceux de Kadiatou, 2009 soit 136 grammes par semaine, et ceux de Bucaille, 1990 qui avait obtenu 195 grammes par semaine pour une dose de 10 grammes de spiruline par jour.

## V. CONCLUSION

L'objectif de notre étude était d'étudier l'efficacité de la farine enrichie à la spiruline et plumpy-nut de plumpy-nut dans l'amélioration de l'état nutritionnel d'enfants atteints de malnutrition aiguë.

La réhabilitation nutritionnelle à base de la farine des enfants malnutris nous a permis de confirmer l'efficacité de la farine en tant que farine de sevrage nutritive. Elle accélère le passage des enfants souffrant d'émaciation sévère, et aussi d'insuffisance pondérale sévère à un stade modéré et ceux modérés à un stade sain. L'utilisation de la spiruline pour la réhabilitation nutritionnelle pourrait constituer une alternative efficace dans les programmes de lutte contre la Malnutrition Protéino-Energétique dans nos pays.

Notre recherche d'intervention clinique par le test de la farine serait d'une avancée sur l'échiquier de la recherche scientifique et une importance capitale dans l'amélioration de la qualité des denrées locales d'ont la mère elle-même peut préparer à domicile pour son enfant et garantir à son bébé un bon sevrage. La grande partie des farines de sevrage fournis au CREN ou vendues au marché sont faites à base d'un complexe céréales-légumineuses ou céréales-lait, cette étude a montré que le complexe céréale-légumineuses-spiruline est aussi très capitale et très nutritive du point de vu nutritionnelle. Dans l'avenir, il nous reste à confirmer la dose efficace de la spiruline à utiliser, sa disponibilité et sa compétitivité par rapport aux protéines animales.

Evaluer le coût d'opportunité de renutrition avec la farine enrichie au soja et la spiruline par rapport aux renutrition classiques.

Améliorer la qualité de la farine CSS+ du point de vu nutritionnel et augmenter la production de la farine à grande échelle pour la récupération nutritionnelle.

Pousser les recherches en améliorant les vertus de farine CSS+ par les analyses biochimiques et microbiologiques pour garantir une inoculé totale de la farine.

Etudier la biodisponibilité de la farine en Fer, vitamine A, vitamine C, Zinc.

Déterminer sa composition en acide

aminé.

Elaborer des nouvelles formules de farine et aliments thérapeutiques dans un contexte de valorisation des denrées alimentaires.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1]. **Aïcha M. 2009.** Évaluation de l'état nutritionnel des enfants de 6 à 24 mois vus en consultation pédiatrique à l'hôpital général de référence nationale de N'DJAMENA(TCHAD). Thèse de Médecine FMPOS. Faculté de médecine de pharmacie et d'odontostomatologie : Université de Bamako, 77 P.
- [2]. **André B. 1985,** Prédiction et traitement de malnutrition. Guide pratique, éditions de l'ORSTOM. Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération avec le concours de (l'Organisme de Recherche sur l'alimentation et la Nutrition Africaine) Paris. ORSTOM, 149 P.
- [3]. **Bucaille P. 1990.** 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, Université Paul Sabatier de Toulouse III, France, 106 P.
- [4]. **Charpy L. et al. 2008.** La Spiruline peut-elle être un atout pour la santé et le développement en Afrique agriculture.gouv.fr/sections/.../études/spiruline-peut-telle-etre1808/.../Spiruline\_synthese%20et%20compilation\_DGPAAT\_2008.p
- [5]. **Dankoko. B, et al. 1999.** Résultats d'un essai de réhabilitation nutritionnelle avec la spiruline à Dakar. A propos de 59 cas, Médecine d'Afrique Noire, 46 P.
- [6]. Disponible sur : <http://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SH.STA.MALN.ZS>
- [7]. **Elodie L. 2013.** Le soja influence de sa consommation sur la santé et conséquences de l'expansion de sa culture au niveau mondial, THESE Pharmacie, Faculté des sciences Pharmaceutiques, Université de Toulouse III Paul SABATIER, 91 P.
- [8]. en agroalimentaire TPA N°15.Paris: Dumas, juin, 48 P.
- [9]. **Fatoumata MT. 2014.** Aspects épidémiocliniques de la malnutrition aiguë sévère des enfants de moins de 5 ans au CHU GABRIEL TOURE. Thèse de médecine. Faculté de Médecine et



- d'odontostomatologie : Université des sciences techniques et de la technologie de Bamako, 85 P.
- [10]. **Feinberg, et al. 1993.** Alimentation et nutrition humaine. Tables de composition des aliments. Réalisation, utilisation, limites. Centre informatique sur la qualité de l'aliment (CIQUAL), N°36916.P 1412-1438.
- [11]. **Haoua H, Alfa K. et al. 2019.** Nutritional quality and recovery test based on weaning flour enriched with cucurbita pepo seed in Niger January, pp.4435-4439.
- [12]. **Hoopen et Maïga, 2013.** Production et transformation du maïs, édition Pro-Agro, ISF Cameroun-BP 7105. 29 P.
- [13]. **Hug C & von der Weid D. 2011.** La spiruline dans la lutte contre la malnutrition. FONDATION ANTENNA TECHNOLOGIES. Geneva (Switzerland), 30 P.
- [14]. **INS, 2018.** Evaluation nationale de la situation nutritionnelle par la méthodologie Smart au Niger : INS-NIGER, 98P.
- [15]. **Kadiatou K. 2009.** Efficacité de la spiruline et poisson et des farines infantiles dans la récupération nutritionnelle et l'anémie chez les enfants à sabalibougou. Thèse de doctorat : faculté de médecine, de pharmacie et d'Odontostomatologie, Mali, 141 P.
- [16]. **Lalaina AH. 1995-2000.** Essai de fabrication de farine infantile instantanée à moyenne échelle. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome, école supérieure des sciences agronomiques : Université d'Antananarivo, 79 P.
- [17]. **Musimwa M. 2017.** Malnutrition chez l'enfant de moins de 5 ans à Lubumbashi et aux environs. Approche épidémio-clinique et biochimique dans un milieu minier. Thèse de doctorat. Faculté de médecine département de pédiatrie B.P. 1825 : université de Lubumbashi, 22 juillet, 188 p.
- [18]. **OMS (2004).** Base de données mondiale sur la croissance et la malnutrition des enfants
- [19]. **OMS, 2001.** La prise en charge de la malnutrition sévère : manuel à l'usage des médecins et autres personnels de santé à des postes d'encadrement. Genève.
- [20]. **OMS, 2003.** (Stratégie mondiale pour l'alimentation du nourrisson et du jeune enfant Genève. Document électronique ; [www.who.int/nutrition/publications/gst\\_infant\\_feeding\\_text\\_fre.pdf](http://www.who.int/nutrition/publications/gst_infant_feeding_text_fre.pdf)
- [21]. **OMS, 2015.** Base de données mondiale sur la croissance et la malnutrition des enfants
- Chevassus-Agnès S. 1999.** Aperçus nutritionnels par pays de la FAO : Le Niger, FNA/ANA 25, 1999, 57 P.
- [22]. **Oumarou A. et al. 2014.** Les collectivités territoriales et le service de santé au Niger une analyse à partir des communes de Dosso, Tibiri, Kargui-Bangou et Liboré. Etudes et travaux du lasdel N°122. 50 P.
- [23]. **PNPCM. Juin 2016.** Protocole national de prise en charge de la malnutrition, Ministère de la santé publique, 119P.
- [24]. **Saskia VG, Annoek V. den W. 2005.** La production artisanale d'aliments de complément. Agrodok 222<sup>nd</sup> Ed. Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas : Fondation Agromisa, Wageninge. 88 P.
- [25]. **Sébastien S. 2008.** Spirulina platensis et ses constituants intérêts nutritionnels et activités thérapeutiques THESE Pharmacie. Faculté de pharmacie : UNIVERSITE Henri Poincaré - Nancy 1,162 P.
- [26]. **Tchimbinga, 1992.** VITAFOR, Farine infantile de haute densité énergétique au Congo, Unité de recherche sur la Nutrition et alimentation Humaine, Congo, P 178-188.
- [27]. **Traiche S. et al. 1994.** L'alimentation de complément du jeune enfant. Université Senghor novembre 1994.79 P.
- [28]. **Trèche S. 1998.** Les farines infantiles. Bulletin du réseau Technologie et partenariat
- [29]. **Vicente N. 2012.** La spiruline pour la nutrition et la sante, 4 P.