

=====

UNIVERSITE DE BAMAKO

=====

FACULTE DE MEDECINE DE PHARMACIE  
ET D'ODONTO-STOMATOLOGIE (F.M.P.O.S.)

=====

Année académique 2003-2004

Thèse n°...144...

**CONTROLE DE QUALITE DES FARINES INFANTILES  
(MISOLA ET SINBA) AU LNS.**

**THESE**

Présentée et soutenue publiquement le 12 février 2004 à 12H  
Devant la Faculté de Médecine de Pharmacie  
Et d'Odonto-Stomatologie

Par Mlle **COULIBALY AÏSSATA**  
Pour Obtenir le grade de Docteur en Pharmacie  
(Diplôme d'Etat)

**Jury**

**Président : Pr. Amadou DIALLO**

**Membre : Modibo DIARRA**

**Membre : Dr Drissa DIALLO**

**Directeur : Pr. Ousmane DOUMBIA**

**ADMINISTRATION**

DOYEN : MOUSSA TRAORE - PROFESSEUR

1<sup>ER</sup> ASSESSEUR : MASSA SANOGO - MAITRE DE CONFERENCES

2<sup>ME</sup> ASSESSEUR : GANGALY DIALLO - MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

SECRETAIRE PRINCIPAL : YENIMEGUE ALBERT DEMBELE - MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

AGENT COMPTABLE : MADAME FATOUMATA TALL - CONTROLEUR DES FINANCES

**LES PROFESSEURS HONORAIRES**

Mr Alou BA

Mr Bocar SALL

Mr Souleymane SANGARE

Mr Yaya FOFANA

Mr Mamadou L. TRAORE

Mr Balla COULIBALY

Mr Mamadou DEMBELE

Mr Mamadou KOUMARE

Mr Mohamed TOURE

Mr Ali Nouhoum DIALLO

Mr Aly GUINDO

Ophthalmologie

Orthopédie Traumatologie - Secourisme

Pneumo-phtisiologie

Hématologie

Chirurgie Générale

Pédiatrie

Chirurgie Générale

Pharmacognosie

Pédiatrie

Médecine interne

Gastro-Entérologie

**LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT PAR D.E.R. & PAR GRADE**

**D.E.R. CHIRURGIE ET SPECIALITES CHIRURGICALES**

**1. PROFESSEURS**

Mr Abdel Karim KOUMARE

Mr Sambou SOUMARE

Mr Abdou Alassane TOURE

Mr Kallilou OUATTARA

Mr Amadou DOLO

Mr Alhousseini Ag MOHAMED

Chirurgie Générale

Chirurgie Générale

Orthopédie - Traumatologie, Chef de D.E.R.

Urologie

Gynéco Obstétrique

O.R.L.

**2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES**

Mr Abdoulaye DIALLO

Mr Djibril SANGARE

Mr Abdel Kader TRAORE Dit DIOP

Mr Abdoulaye DIALLO

Mr Gangaly DIALLO

Ophthalmologie

Chirurgie Générale

Chirurgie Générale

Anesthésie - Réanimation

Chirurgie Viscérale

**3. MAITRES DE CONFERENCES**

Mme SY Aida SOW

Mr Salif DIAKITE

Gynéco-Obstétrique

Gynéco-Obstétrique

**4. MAITRES ASSISTANTS**

Mme DIALLO Fatimata S. DIABATE

Mr. Mamadou TRAORE

Mr Sadio YENA

Mr Filifing SISSOKO

Mr Issa DIARRA

Gynéco-Obstétrique

Gynéco-Obstétrique

Chirurgie Générale

Chirurgie Générale

Gynéco-obstétrique

## 5. ASSISTANTS CHEF DE CLINIQUE

Mr Mamadou L. DIOMBANA  
Mr Sékou SIDIBE  
Mr Abdoulaye DIALLO  
Mr Tiéman COULIBALY  
Mme TRAORE J. THOMAS  
Mr Nouhoum ONGOIBA  
Mr Zanafon OUATTARA  
Mr Zimogo Zié SANOGO  
Mr Adama SANGARE  
Mr Yousseuf COULIBALY  
Mr Samba Karim TIMBO  
Mme TOGOLA Fanta KONIPO  
Mr Sanoussi BAMANI  
Mr Doulaye SACKO  
Mr Ibrahim ALWATA  
Mr Lamine TRAORE  
Mr Mady MAKALOU  
Mr Aly TEMBELY  
Mr Niani MOUNKORO  
Mr Djénéba DOUMBIA  
Mr Tiemoko D. COULIBALY  
Mr Souleymane TOGORA  
Mr Mohamed KEITA

Stomatologie  
Orthopédie, Traumatologie  
Anesthésie - Réanimation  
Orthopédie Traumatologie  
Ophtalmologie  
Anatomie & Chirurgie Générale  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Orthopédie - Traumatologie  
Anesthésie - Réanimation  
ORL  
ORL  
Ophtalmologie  
Ophtalmologie  
Orthopédie - Traumatologie  
Ophtalmologie  
Orthopédie/Traumatologie  
Urologie  
Gynécologie/Obstétrique  
Anesthésie/Réanimation  
Odontologie  
Odontologie  
ORL

## D.E.R. DE SCIENCES FONDAMENTALES

### 1. PROFESSEURS

Mr Daouda DIALLO  
Mr Brèhima KOUMARE  
Mr Siné BAYO  
Mr Yéya T. TOURE  
Mr Amadou DIALLO  
Mr Moussa HARAMA  
Mr Ogobara DOUMBO

Chimie Générale & Minérale  
Bactériologie-Virologie  
Anatomie-Pathologie-Histoembryologie  
Biologie  
Biologie  
Chimie Organique  
Parasitologie - Mycologie Chef de D.E.R.

### 2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Yénimégué Albert DEMBELE  
Mr Anatole TOUNKARA  
Mr Amadou TOURE  
Mr. Flabou Bougoudogo

Chimie Organique  
Immunologie  
Histoembryologie  
Bactériologie-Virologie

### 3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Bakary M. CISSE  
Mr Abdourahmane S. MAIGA  
Mr Adama DIARRA  
Mr Mamadou KONE  
Mr. Massa SANOGO

Biochimie  
Parasitologie  
Physiologie  
Physiologie  
Chimie Analytique

### 4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Mahamadou CISSE  
Mr Sékou F.M. TRAORE  
Mr Abdoulaye DABO  
Mr Abdourahmane TOUNKARA  
Mr Ibrahim I. MAIGA  
Mr Moussa Issa DIARRA  
Mr Amagana DOLO  
Mr Kaourou DOUCOURE  
Mr Bouréma KOURIBA  
Mr Souleymane DIALLO  
Mr Cheik Bougadari TRAORE

Biologie  
Entomologie médicale  
Malacologie, Biologie Animale  
Biochimie  
Bactériologie - Virologie  
Biophysique  
Parasitologie  
Biologie  
Immunologie  
Bactériologie-Virologie  
Anatomie-Pathologie

## 5. ASSISTANTS

Mr Mounirou BABY  
Mr Mahamadou A. THERA

Hématologie  
Parasitologie

## D.E.R. DE MEDECINE ET SPECIALITES MEDICALES

### 1. PROFESSEURS

Mr Abdoulaye Ag RHALY  
Mr Mamadou K. TOURE  
Mr Mahamane MAIGA  
Mr Baba KOUMARE  
Mr Moussa TRAORE  
Mr Issa TRAORE  
Mr Mamadou M. KEITA  
Mr Hamar A. TRAORE  
Mr Dapa Aly DIALLO  
Mr Moussa Y. MAIGA

Médecine Interne  
Cardiologie  
Néphrologie  
Psychiatrie, **Chef de DER**  
Neurologie  
Radiologie  
Pédiatrie  
Médecine Interne  
Hématologie  
Gastro-entérologie – Hépatologie

### 2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Toumani SIDIBE  
Mr Bah KEITA  
Mr Boubacar DIALLO  
Mr Somita KEITA  
Mr Abdèl Kader TRAORE  
Mr Siaka SIDIBE

Pédiatrie  
Pneumo-Phtisiologie  
Cardiologie  
Dermato-Leprologie  
Médecine Interne  
Radiologie

### 3. MAITRES ASSISTANTS

Mr Mamadou DEMBELE  
Mr Mamady KANE  
Mme Tatiana KEITA  
Mr Diankiné KAYENTAO †  
Mme TRAORE Mariam SYLLA  
Mr Adama D. KEITA  
Mme SIDIBE Assa TRAORE  
Mme Habibatou DIAWARA

Médecine Interne  
Radiologie  
Pédiatrie  
Pneumo-Phtisiologie  
Pédiatrie  
Radiologie  
Endocrinologie  
Dermatologie

### 4. ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Mr Bou DIAKITE  
Mr Bougouzié SANOGO  
Mr Saharé FONGORO  
Mr Bakoroba COULIBALY  
Mr Kassoum SANOGO  
Mr Seydou DIAKITE  
Mr Mahamadou B. CISSE  
Mr Arouna TOGORA  
Mme DIARRA Assétou SOUCKO  
Mr Boubacar TOGO  
Mr Mahamadou B. TOURE  
Mr Idrissa A. CISSE  
Mr Mamadou B. DIARRA  
Mr Anselme KONATE  
Mr Moussa T. DIARRA  
Mr Souleymane DIALLO  
Mr Souleymane COULIBALY  
Mr Daouda K. MINTA  
Mr Soungalo DAO

Psychiatrie  
Gastro-entérologie  
Néphrologie  
Psychiatrie  
Cardiologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Médecine Interne  
Pédiatrie  
Radiologie  
Dermatologie  
Cardiologie  
Hépatogastro-entérologie  
Hépatogastro-entérologie  
Pneumologie  
Psychologie  
Maladies Infectieuses  
Maladies Infectieuses

### 5. ASSISTANT

Mr Cheick Oumar GUINTO

Neurologie

## D.E.R. DES SCIENCES PHARMACEUTIQUES

### 1. PROFESSEURS

Mr Boubacar Sidiki CISSE  
Mr Gaoussou KANOUTE

Toxicologie  
Chimie analytique

### 2. MAITRES DE CONFERENCES AGREGES

Mr Arouna KEITA †  
Mr Ousmane DOUMBIA

Matière Médicale  
Pharmacie Chimique

### 3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Boukassoum HAIDARA  
Mr Elimane MARIKO

Législation  
Pharmacologie, Chef de D.E.R.

### 4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Benoît KOUMARE  
Mr Drissa DIALLO  
Mr Alou KEITA  
Mr Ababacar I. MAIGA  
Mr Yaya KANE

Chimie Analytique  
Matières Médicales  
Galénique  
Toxicologie  
Galénique

## D.E.R. DE SANTE PUBLIQUE

### 1. PROFESSEUR

Mr Sidi Yaya SIMAGA

Santé Publique, Chef de D.E.R.

### 2. MAITRE DE CONFERENCES AGREGE

Mr Moussa A. MAIGA

Santé Publique

### 3. MAITRES DE CONFERENCES

Mr Sanoussi KONATE

Santé Publique

### 4. MAITRES ASSISTANTS

Mr Bocar G. TOURE  
Mr Adama DIAWARA  
Mr Hamadoun SANGHO  
Mr Massambou SACKO  
Mr Alassane A. DICKO

Santé Publique  
Santé Publique  
Santé Publique  
Santé Publique  
Santé Publique

## CHARGES DE COURS & ENSEIGNANTS VACATAIRES

Mr N'Golo DIARRA  
Mr Bouba DIARRA  
Mr Salikou SANOGO  
Mr Bokary Y. SACKO  
Mr Boubacar KANTE  
Mr Souleymane GUINDO  
Mme DEMBELE Sira DIARRA  
Mr Modibo DIARRA  
Mme MAIGA Fatoumata SOKONA  
Mr Arouna COULIBALY  
Mr Mahamadou TRAORE  
Mr Souleymane COULIBALY  
Mr Yaya COULIBALY  
Mme Rokia SANOGO  
Mr Boubacar TRAORE  
Mr Saïbou MAIGA  
Mr Ousmane KOITA  
Mr Samba DIOP  
Mr Seydou DOUMBIA  
Mr Oumar THIÉRO  
Mr Mangara M. BAGAYOGO  
Mr Guimogo DOLO  
Mr Abdoulaye TOURE  
Mr Djibril SANGARE  
Mr Mouctar DIALLO

Botanique  
Bactériologie  
Physique  
Biochimie  
Galénique  
Gestion  
Mathématiques  
Nutrition  
Hygiène du Milieu  
Mathématiques  
Génétique  
Psychologie Médicale  
Législation  
Pharmacognosie  
Pharmacognosie  
Législation  
Parasitologie Moléculaire  
Anthropologie Médicale  
Epidémiologie  
Biostatistique  
Entomologie Moléculaire Médicale  
Entomologie Moléculaire Médicale  
Entomologie Moléculaire Médicale  
Entomologie Moléculaire Médicale  
Biologie Parasitologie

## ENSEIGNANTS EN MISSION

Pr. Doudou BA  
Pr. Babacar FAYE  
Pr. Eric PICHARD  
Pr. Mounirou CISSE  
Pr. Amadou Papa DIOP

Bromatologie  
Pharmacodynamie  
Pathologie Infectieuse  
Hydrologie  
Biochimie

## DEDICACES

✓ **A Allah le tout puissant**

*Pour m'avoir donné santé et longévité.*

✓ **A mes parents Habib COULIBALY et Absatou M'BAYE.**

*Notre vocabulaire hélas pauvre ne pourra jamais autant vous remercier pour tout ce que vous avez fait pour nous de notre naissance à ce jour. Nous avons toujours été à l'ombre de vos conseils et de votre amour. Si ce travail a vu le jour c'est grâce à vous, à tous les sacrifices consentis pour nous donner une éducation digne de ce nom.*

*Papa, Maman, trouvez ici l'expression de notre profond respect et tout notre amour.*

✓ **A la mémoire de ma tante TALL Fatoumata M'BAYE.**

*Tu étais notre deuxième mère, tant par tes conseils, et l'amour dont nous entourais si soucieuse de notre avenir à tous. Ce travail est aussi le fruit de ton amour.*

✓ **A la mémoire de ma grande-mère Aminata M'BAYE.**

*Tu as toujours été présente pour nous comme une mère, tu nous a Choyé, entouré d'affection et appuyé dans nos moments de difficulté. Gogo, trouve ici tout l'amour que nous te témoignons.*

✓ **A la mémoire de ma tante Aïssata GUITTEYE.**

*Tu es partie si jeune, alors que tu attendais encore beaucoup de la vie. Tu étais pour nous comme une sœur. Dors en paix.*

✓ **A mes frères et sœurs:**

*Adama, Bob, Kalifa, Daouda, Karim, Ami, Maï, et Fifi  
Pour tous les moments partagés ensemble.*

✓ **A mes beaux-frères et belles sœurs:**

*Olivier BRUNON, Eric STEVANCE, Mariétou DIARRA, et Anna DIAKITE.  
Que les liens familiaux demeurent.*

✓ **A mes petites nièces:**

*Vérane BRUNON et Alcia STEVANCE.  
Suivez toujours la voie de la réussite.*

✓ **A mes cousins et cousines:**

Dany, Macky, Drissa, Ablo, Madina, Oumou, Fadima, Gogo, Adia, Mamou, Bébé Balou et Kalifa et tous ceux que je n'ai pas cité mais qui sont dans mon cœur.

✓ **A Coumba SOUMANO.**

Nous avons évolué ensemble depuis l'école primaire jusqu'à aujourd'hui, partagé ensemble nos moments de joie et de malheur, surmonté beaucoup d'épreuves ensemble.

- Que l'amitié reste soudée.
- Touti, ce travail est le tien.

✓ **A Jean-François MAILLARD.**

Durant la réalisation de ce travail tu m'as beaucoup soutenue.  
Trouve ici toute ma reconnaissance.

✓ **A mes ami (e) s:**

Rokhia, Fanta H THIAM, Anna TRAORE, Karim, Christelle, Neny, Asmaou, Coumba, Antou, Thierry, Nènè, Tabouré, Kounta, Kiatou, Wadiou, Dada, Magany et ceux que je n'ai pas cité mais qui sont dans mon cœur.

✓ **A ma grande sœur Batata SAMAKE.**

Tu as été ma lumière durant tout mon cycle scolaire. Merci pour tout.

✓ **A toutes mes tantes et oncles.**

✓ **A toute la promotion A. KEITA pharmacie 2002**

## REMERCIEMENTS

- ✓ A tout le **personnel du LNS** pour sa collaboration et sa sympathie.  
Grand merci à **Mme SIMPARA** qui m'a suivie tout au long de la réalisation de ce travail.
  
- ✓ A **Mme CISSOKO Marie** bibliothèque de la FAO.
  
- ✓ A **Mme COULIBALY Salimata** de l'IER.
  
- ✓ A toutes les femmes de **MISOLA BACO-DJICORONI** et au **Coordinateur de MISOLA**.
  
- ✓ Au personnel de la bibliothèque de la **FMPOS**.
  
- ✓ A **Fodé TRAORE**
  
- ✓ A **Lauriane Maurin** et **Julien Marbœuf**
  
- ✓ A **Mme MARIKO UCODAL**
  
- ✓ A toute la **famille SOUMANO** pour m'avoir encouragé.
  
- ✓ A tous ceux qui ont participé à ma formation du primaire à ce jour :  
les enseignants de l'école liberté « A », les enseignants de l'école  
fondamentale Annexe IPEG, les professeurs du lycée Boullagui Fadiga  
et les professeurs de la Faculté de Médecine, de Pharmacie et  
d'Odonto-Stomatologie.

## **REMERCIEMENTS AUX MEMBRES DU JURY**

**Au président du jury : honorable maître,  
Professeur Amadou Diallo, agrégé de biologie.  
Professeur de biologie animale et de zoologie à la faculté de Médecine,  
de Pharmacie et d'odonto-stomatologie.**

Nous sommes plus que réjoui de vous avoir dans a la tête ce jury.  
Malgré votre emploi du temps chargé, vous avez avec toute simplicité accepté de juger ce travail.

La qualité de votre enseignement inégalable, votre savoir -faire et votre bonne humeur nous ont accompagné tout au long de ce cycle universitaire.  
Votre disponibilité, votre souci du travail bien fait mérite notre admiration.

Cher maître trouvez ici notre profond respect.

**A notre maître et juge**  
**Modibo Diarra,**  
**Chargé de l'enseignement de la nutrition à la FMPOS**

Vous nous faites un grand honneur en acceptant de juger ce travail vos multiples occupations.

Le dévouement dont faite preuve lors de la transmission de vos connaissances, la clarté de vos cours, l'aisance avec laquelle vous nous transmettez ces bagages font de vous un homme un maître respecté.

Cher maître, veuillez accepter nos humbles remerciements et notre profond respect.

**A notre maître et juge :**

**Docteur Drissa Diallo, Maître assistant en pharmacognosie  
Chef du département de la médecine traditionnelle  
Chargé de l'enseignement de matière médicale à la Faculté de  
Médecine, Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie,**

Cher Maître,

C'est un honneur que vous nous faites en acceptant de juger ce travail.

Etre votre élève a été l'une de nos chances, l'étendue de vos connaissances et la qualité de votre enseignement font de vous un homme respectable.

Trouvez ici l'expression de notre profonde gratitude

*A notre maître et directeur de thèse :*

**Professeur Ousmane Doumbia**

**Maitre de conférence agrégé en chimie thérapeutique,**

**Directeur de l'usine malienne de produits pharmaceutique.**

Cher maître,

Votre compétence et votre très grande expérience font de vous une référence, Tout au long de ce travail, nous avons pu apprécier vos nombreuses qualités.

La rigueur dont vous faite preuve lors de la transmission de vos connaissances, votre sens de la perfection font de vous un homme admirable.

Vous savez guider vos étudiants en leur montrant la voie à suivre tout en respectant leur choix, nous vous en sommes humblement reconnaissant.

Puisse Dieu vous accompagner dans vos tâches.

## LISTE DES ACRONYMES

- AFNOR :** ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION
- CEN :** COMITE EUROPEEN DE NORMALISATION
- CMDT :** COMPAGNIE MALIENNE POUR LE DEVELOPPEMENT DES TEXTILES
- EDSM :** ENQUETE DEMOGRAPHIQUE ET DE SANTE DU MALI
- FAO :** FOND DES NATION-UNIS POUR L'ALIMENTATION
- IER :** INSTITUT D'ÉCONOMIE RURALE
- ISO :** ORGANISME INTERNATIONAL DE NORMALISATION
- LNS :** LABORATOIRE NATIONAL DE LA SANTE
- MISOLA :** MIL- SOJA- LAIT-ARACHIDE
- OMS :** ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
- PAM :** PROGRAMME ALIMENTAIRE MONDIAL
- UCODAL :** UNITE DE TRANSFORMATION ET DE CONDITIONNEMENT DES DENREES ALIMENTAIRES

<b>I. INTRODUCTION</b> -----	<b>1</b>
<b>II. GENERALITES</b> -----	<b>6</b>
<b>II.1 Quelques définitions préalables</b> -----	<b>6</b>
II.1.1 Le sevrage-----	6
II.1.2 Les aliments de sevrage-----	6
<b>II.2 Les besoins énergétiques</b> -----	<b>6</b>
II.2.1 Les glucides-----	7
II.2.2 Les lipides-----	8
II.2.3 Les protéines-----	9
II.2.4 Moyenne journalière des besoins en énergie, protéines, lipides et fer----	10
<b>II.3 Les besoins en vitamines et minéraux</b> -----	<b>11</b>
II.3.1 Les besoins en vitamines-----	11
II.3.2 Les besoins en minéraux :-----	14
<b>II.4 La malnutrition</b> -----	<b>15</b>
<b>II.5 Le contrôle de qualité</b> -----	<b>17</b>
II.5.1 Composition des farines infantiles-----	18
II.5.1.2 Farine SINBA (UCODAL)-----	18
II.5.2 Composition du lait maternel-----	20
II.5.3 Facteurs de composition et de qualité des farines infantiles : Normes FAO/OMS du codex alimentarius-----	20
II.5.4 Estimation des compositions nutritionnelles des farines infantiles faite par le PAM-----	21
II.5.5 Généralités sur les germes recherchés dans les farines infantiles-----	23
II.5.5.4 Facteurs de croissance des bactéries-----	26
<b>II.6 Les unités de production artisanales (UPA)</b> -----	<b>31</b>
<b>II.7 Processus de production des farines infantiles</b> -----	<b>32</b>
II.7.1 Farine MISOLA-----	32
II.7.2 Farine SINBA (UCODAL)-----	34
<b>II.8 Matériaux utilisés pour le conditionnement des farines infantiles</b> -----	<b>35</b>
<b>III. METHODOLOGIE D'ÉTUDE</b> -----	<b>38</b>
<b>III.1 Cadre et lieux d'étude</b> -----	<b>38</b>
<b>III.2 Type et période d'étude</b> -----	<b>39</b>
<b>III.3 Échantillonnage</b> -----	<b>39</b>
<b>III.4 Méthodes analytiques utilisées</b> -----	<b>40</b>
III.4.1 Analyses physico-chimiques-----	41
III.4.2 Analyses microbiologiques :-----	51
III.4.3 le contrôle de stabilité-----	55
III.4.4. Composition nutritionnelle moyenne issue de notre expérimentation--	55
III.4.5 Normes-----	56
<b>IV. RESULTATS ET ETUDE COMPARATIVE AUX NORMES OMS</b> -----	<b>58</b>
<b>IV.1 Analyses Physico-chimiques</b> -----	<b>58</b>
IV.1.1 Diagrammes de fréquence des échantillons par paramètre physico- chimique analysé pour la farine MISOLA-----	60
IV.1.2 Diagrammes de fréquence des échantillons par paramètre physico- chimique analysé pour la farine SINBA-----	64
<b>IV.2 Analyses microbiologiques</b> -----	<b>68</b>

IV.3. Contrôle de stabilité -----	71
<b>V. COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS -----</b>	<b>94</b>
<b>V.1 Insuffisances et contraintes de l'étude -----</b>	<b>94</b>
V.1.1 Choix des paramètres analysés -----	94
V.1.2 Normes -----	94
<b>V.2 Échantillons non conformes aux normes OMS -----</b>	<b>95</b>
<b>V.3 Échantillons analysés au compte de UCODAL dont la formulation a été   reprise -----</b>	<b>95</b>
<b>V.4 Composition nutritionnelle moyenne expérimentale des farines   infantiles MISOLA et SINBA -----</b>	<b>97</b>
<b>V.5 Contrôle de stabilité : -----</b>	<b>98</b>
<b>VI. CONCLUSION -----</b>	<b>103</b>
<b>VII. RECOMMANDATIONS -----</b>	<b>107</b>

Tableau I : Moyenne des besoins en énergie, protéines, lipides et ICI .....	11
Tableau II : Taux d'incorporation des matières premières dans la composition de la farine MISOLA.....	18
Tableau III : Taux d'incorporation des matières premières dans la composition de la farine SINBA .....	18
Tableau IV : Teneur en nutriments des matières premières entrant dans la composition des farines infantiles MISOLA et SINBA (UCODAL) .....	19
Tableau V : Composition nutritionnelle estimée et recommandée de la farine MISOLA.....	22
Tableau VI : Composition nutritionnelle estimée et recommandée de la farine SINBA.....	22
Tableau VIII : Teneurs physico-chimiques des farines infantiles MISOLA.....	58
Tableau VIII : Paramètres microbiologiques des farines infantiles MISOLA .....	68
Tableau IX (suite) : Paramètres microbiologiques des farines infantiles MISOLA .....	69
Tableau X : Paramètres microbiologiques des farines infantiles SINBA .....	70
Tableau XI : Évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours de la conservation des farines infantiles SINBA.....	71
Tableau XII : Évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours de la conservation des farines MISOLA provenant de Kati .....	74
Tableau XIII : Évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines Misola provenant de Baco-djicoroni (ACI).....	78
Tableau XIV : Evolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Bandiagara .....	81
Tableau XV : Évolution des paramètres microbiologiques et physico-chimiques des farines MISOLA provenant de Sévaré.....	85
Tableau XVI : Bilan de l'analyse physico-chimique .....	88
Tableau XVII : Échantillons non conformes aux normes et motifs de non-conformité .....	89
Tableau XVIII (suite) : Échantillons non conformes aux normes et motifs de non-conformité .....	90
Tableau XIX : Moyenne expérimentale de la composition nutritionnelle des farines .....	91
Tableau XX : Composition nutritionnelle moyenne expérimentale des farines infantiles rapportée à 100Kcal .....	92
Tableau XXI : Bilan des analyses microbiologiques.....	92

## Liste des graphiques

Graphique 1: Distribution des échantillons de MISOLA en fonction de la teneur en eau .....	60
Graphique 2 : Distribution des échantillons de MISOLA en fonction de la teneur en protéine .....	61
Graphique 3 : Distribution des échantillons de MISOLA en fonction de la teneur en lipide.....	61
Graphique 4 : Distribution des échantillons de MISOLA en fonction des teneurs en glucide .....	62
Graphique 5 : Distribution des échantillons de SINBA en fonction de la teneur en eau .....	64
Graphique 6 : Distribution des échantillons de SINBA en fonction de la teneur en protéine .....	65
Graphique 7 : Distribution des échantillons de SINBA en fonction de la teneur en glucide.....	65
Graphique 8: Distribution des échantillons de SINBA en fonction de la teneur en lipide.....	66
Graphique 9 : évolution des germes totaux et levures dans la farine SINBA....	72
Graphique 10 : Évolution de la teneur en eau dans la farine SINBA .....	72
Graphique 11 : Évolution de la teneur en glucides dans la farine SINBA .....	73
Graphique 12 : Évolution de la teneur en protéines et lipides dans la farine SINBA.....	73
Graphique 13 : Évolution des germes totaux et levures dans la farine MISOLA Kati .....	75
Graphique 14 : Évolution de la teneur en eau dans la farine MISOLA Kati .....	76
Graphique 15 : Évolution de la teneur en glucides dans la farine MISOLA Kati .....	76
Graphique 16 : Évolution de la teneur en protéines et lipides dans la farine MISOLA Kati.....	77
Graphique 17 : Évolution des germes totaux et levures dans la farine MISOLA Baco-djicoroni .....	79
Graphique 18 : Évolution de la teneur en eau dans la farine MISOLA Baco-djicoroni .....	79
Graphique 19 : Évolution de la teneur en glucides dans la farine MISOLA Baco-djicoroni .....	80
Graphique 20 : Évolution de la teneur en protéines et lipides dans la farine MISOLA Baco-djicoroni.....	81
Graphique 21 : Évolution des germes totaux et levures dans la farine MISOLA Bandiagara.....	83

Graphique 22 : Evolution de la teneur en eau dans la farine MISOLA Bandiagara.....	83
Graphique 23 : Evolution de la teneur en glucides dans la farine MISOLA Bandiagara.....	84
Graphique 24 : Evolution de la teneur en protéines et lipides dans la farine MISOLA Bandiagara .....	84
Graphique 25 : Evolution des germes totaux et levures dans la farine MISOLA Sévaré .....	86
Graphique 26 : Evolution de la teneur en eau dans la farine MISOLA Sévaré .....	87
Graphique 27 : Evolution de la teneur en glucides dans la farine MISOLA Sévaré .....	87
Graphique 28 : Evolution de la teneur en protéines et lipides dans la farine MISOLA Sévaré.....	87

## I. INTRODUCTION

La malnutrition est un état causé par des carences, des excès et des déséquilibres de l'alimentation. Lorsqu'elle est causée par des carences en nutriments, sa prévalence dans les pays en voie de développement de même que les conséquences qu'elle engendre en fait un problème de santé publique.

Selon les dernières estimations de la FAO, on dénombrait à travers le Monde en 1998-2000, 840 millions de personnes sous-alimentées dont 799 millions dans les pays en voie de développement comme le Mali; 30 millions dans les pays en transition et 11 millions dans les pays industrialisés. (25)

L'objectif du Sommet Mondial de la Santé est de réduire de moitié le nombre de personnes sous-alimentées d'ici 2015. Le PAM est dans le système des Nations Unies, l'organisme chargé de l'aide alimentaire. Cette aide est un des nombreux instruments qui peut contribuer à améliorer la sécurité alimentaire, laquelle se définit comme « l'accès pour tous, quelles que soient les circonstances aux aliments nécessaires pour mener une vie saine et active » (26)

La malnutrition touche surtout les populations infantiles, les femmes enceintes et allaitantes. Chez l'enfant, elle entraîne une altération des mécanismes de défenses naturelles de l'organisme, un retard du développement mental, un retard de la croissance, un déficit pondéral, des manifestations aiguës comme le marasme et le kwashiorkor. (12) Ces manifestations prédisposent les enfants aux maladies infectieuses qui à leur tour aggravent la malnutrition. Les infections, si elles s'accompagnent surtout de fièvre, entraînent souvent une perte d'appétit donc une diminution de la ration alimentaire. Certaines maladies infectieuses provoquent des vomissements engendrant une déficience d'absorption des nutriments. Les infections gastro-intestinales, notamment les diarrhées

chroniques entraînent et aggravent la malnutrition. Alors il s'installe un cercle vicieux malnutrition/infections d'où le taux de mortalité infantile élevé. (12)

Au Mali, le taux de mortalité infantile chez les moins de cinq ans est de 229 pour mille et de 113 pour mille chez les enfants de moins d'un an. Ce taux très élevé à Mopti par rapport à la moyenne nationale est de 291 pour mille chez les moins de 5 ans et 159 pour mille chez les moins d'un an. (8)

La pratique de l'allaitement maternel est quasi générale au Mali, pratiquement tous les enfants de 0 à 5 mois sont allaités (8). A partir de 6 mois, où l'allaitement seul ne suffit plus pour garantir une meilleure croissance des enfants, on assiste alors à l'utilisation de la farine de mil et de sorgho sous forme de bouillies comme aliments de complément et même de substitution au lait maternel.

Le mil et le sorgho sont très utilisés dans l'alimentation au Mali tant dans la préparation de bouillies que d'autres plats locaux comme le " tō", le couscous et les galettes.

Cependant, ces farines de mil et de sorgho ne sont pas des aliments complets car surtout riches en glucides avec de faibles teneurs en protéines et très pauvres en lipides. A l'âge où les besoins en nutriments de l'enfants sont accrus, ces farines utilisées seules ne suffisent pas et peuvent dans ce cas là entraîner l'installation d'une malnutrition protéino-énergétique avec les conséquences citées plus haut.

Les farines infantiles doivent répondre à certains critères de qualité recommandés par la commission mixte OMS/FAO du codex alimentarius pour les farines à cuire. Ceci est très important quand on sait que les enfants représentent une population très sensible sujette aux maladies.

Les femmes maliennes prennent de plus en plus conscience de l'importance d'une alimentation équilibrée pour la santé de leurs enfants au cours du sevrage. On assiste aujourd'hui à l'essor de petites entreprises productrices

de farines infantiles équilibrées en nutriments dont la plupart ne fait pas l'objet de contrôle de qualité, mais qu'on retrouve sur certains marchés maliens (de 2000 à 2002 avant le début du projet du PAM, seulement 5 échantillons de farines infantiles ont été analysés au compte de MISOLA) ceci peut se comprendre dans la mesure où le coût des analyses se trouve assez élevé.

L'IER (Institut d'Économie Rurale), fait des études sur la formulation de farines enrichies destinées à l'alimentation des enfants dans le but de former les femmes à la préparation. Les contrôles effectués sur ces farines sont surtout orientés vers l'analyse sensorielle et les paramètres physico-chimiques.

Le projet "Alimentation Complémentaire et Appui aux Services de Santé Communautaires " du PAM au Mali ayant pour but : l'amélioration durable de l'état nutritionnel des populations vulnérables (enfants de 6-36 mois et des femmes enceintes et allaitantes) à Mopti, est basée sur la mise en place et l'utilisation de nouvelles formules de farines équilibrées en nutriments (les farines de MISOLA et SINBA de UCODAL) produites au Mali et composées de céréales locales. Ces farines ont été mises au point pour parer au déficit en nutriments par l'ajout à la farine de mil, d'autres aliments comme :

- pour MISOLA, le soja, l'arachide
- pour SINBA, le maïs, le niébé et le pain de singe.

Auparavant, les farines infantiles n'avaient pas fait l'objet d'une étude spécifique au niveau du LNS quoique certaines aient été faites dans ce sens, citons la thèse de S.Berthé : "Etude rétrospective des résultats d'analyse des denrées alimentaires au LNS"(2) et les travaux de Maurin.L et Marboeuf. J et al sur "L'étude de faisabilité d'une préparation pour bouillie de sevrage pour les enfants maliens" qui sont en projet. (14).

Notre étude porte sur le contrôle de qualité de ces farines au Laboratoire National de la Santé (LNS) à Bamako. Étant donné le caractère

artisanal de la production de ces farines, le peu de moyens dont disposent les unités de production et leur personnel peu qualifié, ceci nous pousse à étudier les farines dans le cadre de ce projet du PAM, pour la mise au point de farines répondant aux normes FAO/OMS du codex alimentarius.

Ainsi, pour la réalisation de cette étude, nous nous sommes fixés comme objectifs :

**Objectif général :**

Etudier la qualité des farines MISOLA et SINBA de UCODAL pour mettre à la disposition des populations (femmes enceintes et allaitantes et enfants de 6 à 36 mois) de farines infantiles (SINBA et MISOLA) dont la sécurité sanitaire est assurée.

**Objectifs spécifiques :**

- Contrôler les qualités physico-chimiques et microbiologiques des farines infantiles, en les comparant aux normes préconisées par l'OMS.
- Évaluer à partir des données obtenues au LNS, la composition nutritionnelle moyenne des farines infantiles.
- Contrôler la stabilité de ces farines, soumises à des conditions extrêmes de température et d'humidité pour tester leur conservation au nord du pays.

**PREMIERE PARTIE :**  
**GENERALITES**

## **II. GENERALITES**

### **II.1 Quelques définitions préalables**

#### **II.1.1 Le sevrage**

C'est la période de transition entre l'allaitement maternel exclusif et l'alimentation adulte (plat familial). Au cours de cette période, les besoins de l'enfant se trouvent accrus et le lait maternel n'est pas suffisant pour les couvrir. Il est alors nécessaire de le compléter par un aliment riche en nutriments convenant au système digestif de l'enfant. (17)

#### **II.1.2 Les aliments de sevrage**

Ce sont des produits alimentaires d'origine animale (lait, poisson...) ou végétale (farines de céréales) convenant à l'alimentation des enfants dès l'âge de 6 mois et utilisés en complément du lait maternel. (17)

### **II.2 Les besoins énergétiques**

Le corps a besoin d'énergie pour assurer toutes ses fonctions, notamment le travail, le maintien de la température corporelle et le fonctionnement continu du cœur et des poumons. Chez l'enfant, l'énergie est indispensable à la croissance elle est aussi nécessaire à la destruction, à la réparation et au renouvellement des tissus. (12)

Le métabolisme de base (MB) est le rythme auquel ces fonctions s'effectuent : Chez un sujet, il correspond à l'énergie en Kcal consommée en une journée au repos complet à la fois physique (en position couchée) et mentale. Cette énergie sert au maintien de la température corporelle, au travail des organes comme les battements cardiaques ou les muscles respiratoires ainsi qu'au fonctionnement du foie, des reins et du cerveau. Le MB varie d'un individu à l'autre, en fonction de son poids, de son sexe, de son âge et de son état de santé. (12)

La composition du corps joue aussi un rôle, notamment la proportion de muscles et de graisses (protéines et lipides). Le MB joue un rôle majeur dans les besoins énergétiques.

Cette énergie est apportée à l'organisme sous forme de nutriments (glucides, lipides, et protéines) ingérés lors de l'alimentation. (12)

### **II.2.1 Les glucides**

Ils sont composés de C, H, O dans les proportions  $n:12n:n$ . Leur métabolisme produit de l'énergie, libère du dioxyde de carbone et de l'eau. (12)

Dans l'alimentation humaine, les glucides sont surtout représentés par l'amidon et différents autres sucres. On peut les diviser en trois groupes :

- Les monosaccharides : ce sont les glucides les plus simples, ils traversent la barrière intestinale sans être modifiés par les enzymes digestives. Les plus courants sont : le glucose, fructose et galactose. (12)
- Les disaccharides : ils sont composés de deux sucres simples et doivent être scindés pour pouvoir être absorbés par l'intestin. Ce sont le saccharose (sucre de table), le lactose et le maltose. (12)
- Les polysaccharides : ils constituent des sucres plus complexes. Entre autres, on peut citer l'amidon, le glycogène et la cellulose.
  - L'amidon : c'est une source d'énergie majeure que l'on trouve surtout dans les graines de céréales, les tubercules.
  - Le glycogène : il est fabriqué par l'organisme et est constitué de monosaccharides produits par la digestion de l'amidon alimentaire. C'est une forme de réserve de glucose dans le foie et les muscles.
  - La cellulose, l'hémicellulose, la lignine, la pectine et les gommes sont appelées glucides non assimilables (fibres alimentaires). Ces fibres alimentaires traversent le tube digestif et constituent la majeure partie du volume et du ballast des selles.

Tous les glucides digestibles qui sont consommés en quantité supérieure aux besoins immédiats de l'organisme sont transformés en graisse et stockés dans le tissu adipeux sous cutané ou ailleurs. (12)

### II.2.2 Les lipides

Dans la plupart des pays en développement, les lipides ne constituent qu'une faible partie de la ration énergétique, souvent 8 à 10% seulement. Ils sont constitués de C, H, et O et sont insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques. Les lipides alimentaires constitués surtout de triglycérides peuvent être scindés en glycérol et acide gras (chaîne de C, H, et O). Cette scission se fait dans l'intestin sous l'action d'enzymes appelées lipases provenant du pancréas ou de sécrétions intestinales. (12)

On distingue :

- Les acides gras saturés dont la consommation excessive est nuisible à la santé (athérome, maladies coronariennes, cancer, excès de poids)

On les retrouve dans les huiles minérales.

Ils ont pour formule générale :  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ . Les plus fréquemment rencontrés sont l'acide palmitique ( $\text{C}_{16}$ ) et l'acide stéarique ( $\text{C}_{18}$ ). (22)

- Les acides gras mono et poly insaturés (AGPI).

Les AGPI comprennent deux acides gras appelés essentiels car nécessaires à une bonne santé :

- l'acide linoléique ( $\text{C}_{18}$ ) avec deux doubles liaisons en 9 et 12



On le retrouve dans les huiles végétales, les fèves de soya, le germe de blé, l'huile de graine de tomate, la moutarde... (24)

- l'acide linoléique ( $\text{C}_{18}$ ) avec trois doubles liaisons en 9, 12 et 15



On le retrouve dans l'huile de tournesol, le maïs, les pépins de fève de soya, les margarines végétales, les céréales à grains entiers, les graines de citrouille, l'huile de germe de blé.. (24)

Ces deux acides gras jouent un rôle majoritaire dans la synthèse des structures cellulaires et de nombreux composés biologiques.

Les lipides sont indispensables pour donner un goût agréable aux aliments. Ils apportent 9 kcal/g de matière alimentaire contre 4kcal/g apportés par les protéines et les glucides. Les lipides stockés dans l'organisme sous forme de graisse servent d'énergie de réserve. (12)

### **II.2.3 Les protéines**

Elles sont constituées de C, H, O, N et souvent de S. L'azote est un élément primordial car nécessaire à la croissance du corps et à la cicatrisation des tissus lésés. Les protéines sont les principaux constituants structurels des cellules et des tissus et représentent avec l'eau la majeure partie des muscles et des organes. Le type de protéines varie d'un tissu à l'autre selon qu'elles soient dans le foie, le sang ou des hormones. (12)

Les protéines sont nécessaires pour :

- La croissance et le développement du corps,
- L'entretien, la cicatrisation et le remplacement des tissus usés ou endommagés,
- La production d'enzymes métaboliques et digestives,
- La constitution d'hormones.

Les protéines sont des macromolécules faites de chaînes d'acides aminés reliés par des liaisons peptidiques. Parmi les nombreux acides aminés, 20 sont communs aux plantes et aux animaux et 8 sont considérés comme indispensables à l'homme (AA essentiels) : La phénylalanine, le tryptophane, la méthionine, la lysine, la leucine, l'isoleucine, la valine et la thréonine. Un 9<sup>ème</sup> acide aminé, l'histidine, est responsable de la croissance et est donc essentiel uniquement pour les nourrissons, il pourrait aussi être nécessaire à la cicatrisation (12). Deux acides aminés sont semi-indispensables car ils dérivent d'acides aminés essentiels, leur présence permet alors de réduire

l'apport alimentaire de certains acides aminés essentiels. Il s'agit de la cystine vis à vis de la méthionine tous deux soufrés ; la tyrosine (hydroxyphénylalanine) vis à vis de la phénylalanine. (5)

Les aliments riches en acides aminés n'ont pas la même efficacité : la valeur biologique d'une protéine est l'aptitude de cette protéine à permettre la croissance et l'entretien du corps, elle dépend de l'équilibre de ses acides aminés.

L'excès de protéine dans la ration alimentaire est transformé en glucide et stocké comme réserve énergétique. Il n'existe pas de système de stockage des protéines comme il en existe pour les lipides et les glucides. Si l'apport énergétique est déficient, une partie des protéines sera transformée en énergie et donc indisponible pour la croissance, le renouvellement cellulaire et les besoins métaboliques.

On appelle facteur limitant, la présence en quantité insuffisante d'un acide aminé dans l'alimentation par rapport aux autres acides aminés présents dans cette même alimentation ; l'organisme ne peut alors utiliser ces autres acides aminés que de façon incomplète en proportion de l'acide aminé le moins abondant. (12)

#### **II.2.4 Moyenne journalière des besoins en énergie, protéines, lipides et fer**

Selon les groupes d'âges, ces besoins varient comme le présente le tableau I pour les enfants et les femmes.

**Tableau I : Moyenne des besoins en énergie, protéines, lipides et fer**

Groupes d'âges	Énergie (kcal)/kg/jour	Protéine (g)/kg/jour	Lipides (g)/kg/jour	Fer (mg)/jour
<b>Enfants:</b>				
6-8 mois	95	1,65	---	21
9-11 mois	101	1,48	---	21
12-23 mois	106	1,22	2-4,52	12
24-35 mois	103	1,13	2-4,52	---
<b>Femmes actives</b>				
Ni enceintes, ni allaitantes	40	0,89	0,67-1,56	48
Enceintes	44	1,00	0,72-1,71	76
Allaitantes	49	1,25	0,82-0,91	26
> 60 ans	33	0,89	0,56-1,29	19

Source : combiné de FAO, Rome 2001 : Nutrition dans les pays en développement par Michel C. Latham. (12) et Rapport technique de mission en République du Mali, mars 1999 OMS/AFRO par Serge Trèche. (20)

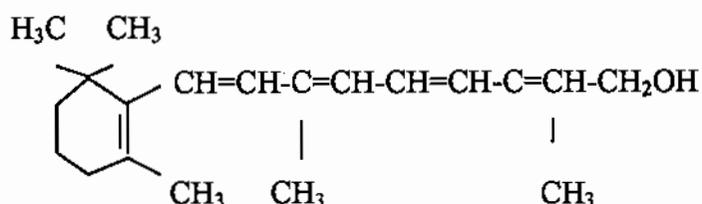
## II.3 Les besoins en vitamines et minéraux

### II.3.1 Les besoins en vitamines

Les vitamines jouent un rôle protecteur et régulateur. Elles sont nécessaires pour utiliser les autres aliments.

Elles agissent en très petite quantité et chaque vitamine joue un rôle particulier n'étant pas interchangeable et chacune intervient au niveau des cellules de l'organisme dans une réaction chimique bien déterminée. En cas de carence en vitamine, des troubles apparaissent et se manifestent par diverses maladies appelées avitaminoses spécifiques à chaque vitamine. Ces maladies guérissent par l'apport à l'individu de la vitamine en manque. (12)

➤ La vitamine A (rétinol)



On la retrouve généralement sous forme de Provitamine A ou Carotène, dans la plupart des plantes et légumes verts et de nombreux fruits :

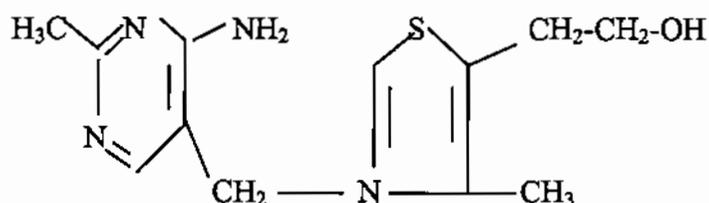
Carottes, Piment rouge, ail, oignons, tomates, laitue, pommes de terres, feuilles d'épinard, de bananes, navets, ananas, pastèque, céréales, papaye, citrons, oranges, les fruits oléagineux et les huiles végétales. Également abondante dans le germe de blé.

Elle est nécessaire pour :

- fabriquer de nouveaux tissus, donc nécessaire à la croissance,
- entretenir la peau et les muqueuses,
- se défendre contre les infections,
- permettre la vision nocturne.

Une carence en vitamine A est surtout responsable d'une atteinte de la cornée de l'œil : la xérophtalmie pouvant entraîner la cécité et l'héméralopie (cécité nocturne). (24)

➤ La vitamine B1 ou thiamine



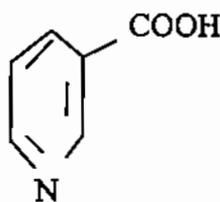
On la retrouve dans les céréales (blé, riz, maïs, mil...) et autres végétaux : noix, légumineuses, arachide... (24)

L'organisme se sert de la vitamine B1 pour se débarrasser complètement des déchets produits dans les muscles par la combustion des glucides. En cas de carence en vitamine B1, les muscles restent encombrés de déchets qui les intoxiquent c'est le béribéri. Plus une ration alimentaire est riche en glucides, plus elle doit être riche en vitamine B1. (12)

La vitamine B1 intervient également dans l'absorption de l'oxygène par les cellules, la synthèse des graisses.

Une carence en vitamine B1 entraîne : des maux de tête, un état de fatigue, des palpitations, des vertiges, l'inappétence, des troubles de la mémoire, des troubles cardio-vasculaires. (24)

➤ La vitamine PP ou niacine

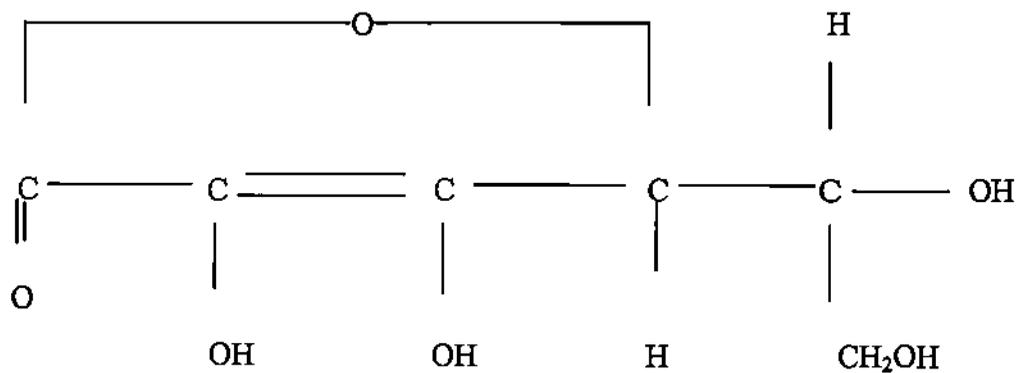


Acide nicotinique

On la retrouve dans les aliments d'origine animale et végétale ( mil, maïs, soja, niébé, sorgho, arachide...) sous forme de NAD (nicotinamide-adénine-dinucléotide) et de NADP (nicotinamide-adénine-dinucléotide phosphate) (23)

Elle intervient dans l'utilisation des glucides et des protéines par notre organisme. Elle est nécessaire à la prévention de la pellagre (due à une déficience de la synthèse endogène de vitamine PP à partir du tryptophane) qui se traduit par une atteinte de la peau : dessèchement de la peau du visage et des mains, diarrhée, gastrite, troubles mentaux asthénie

➤ La vitamine C ou acide ascorbique :



Elle est nécessaire pour :

- reconstituer de nouveaux tissus et plus particulièrement les parois des vaisseaux sanguins,
- pour fabriquer les antitoxines et les anticorps avec lesquels l'organisme lutte contre les infections. (12)

Une carence sévère en vitamine C entraîne le scorbut qui se caractérise par :

- un manque de résistance aux infections,
- des douleurs dans les jambes et les articulations,
- un déchaussement des dents,
- une hémorragie au niveau des gencives,
- une lenteur de la cicatrisation des blessures,
- des infections graves et récidivantes. (12)

### II.3.2 Les besoins en minéraux :

➤ Le fer

Il entre dans la composition de l'hémoglobine des globules rouges du sang qui a pour rôle le transport de l'oxygène des poumons vers les tissus et du gaz carbonique des tissus vers les poumons. Si le corps est carencé en fer, il y a alors insuffisance de production de l'hémoglobine ce qui a pour conséquence l'anémie.

Le besoin en fer se trouve majoré au cours de la grossesse car le foie de l'enfant le stocke pendant les derniers mois précédant la naissance. (12)

➤ L'iode

Il est indispensable au bon fonctionnement de la glande thyroïde car entre dans la composition des hormones thyroïdiennes.

Une carence en iode entraîne une hypertrophie de la glande thyroïde (le goitre) (12)

➤ Le calcium

Il est nécessaire à la croissance du squelette. Les besoins en calcium sont accrus pendant l'enfance et chez les femmes enceintes et allaitantes.

Il joue un rôle important dans :

- la formation et l'entretien des os, des dents,
- dans la coagulation du sang,
- la régulation du rythme cardiaque,
- l'assimilation de la vitamine B12 et le métabolisme de certaines vitamines,
- la régulation de l'équilibre acido-basique,
- la conduction nerveuse,
- la contraction musculaire. (12)

Sa carence entrave la croissance chez l'enfant, entraîne des problèmes gingivaux et dentaires; l'ostéoporose; les crampes et les douleurs musculaires.

Les sources de calcium sont : le sésame; le soja; les haricots secs; les amandes...

#### **II.4 La malnutrition**

La malnutrition est un état causé par des carences, des excès et des déséquilibres de l'alimentation.

Lorsque le régime alimentaire est déséquilibré par sa pauvreté en protéines mais avec un apport énergétique suffisant par une compensation des calories glucidiques, ceci conduit au **Kwashiorkor**.

Un régime alimentaire pauvre en protéines, glucides et lipides qui sont correctement répartis peut conduire au **Marasme**. (5)

➤ **Le Kwashiorkor :**

Il correspond à l'état d'un enfant modérément sous alimenté et résulte comme cité précédemment principalement d'une carence protéique consécutive à un régime alimentaire comportant très peu de protéines mais riche en aliments glucidiques qui couvrent les besoins énergétiques (1-18).

Le Kwashiorkor se rencontre surtout chez les enfants de 1 à 3 ans. Il est fréquemment déclenché par une maladie infectieuse (souvent la rougeole) qui entraîne une malabsorption des nutriments. Il survient le plus souvent au moment du sevrage lorsque l'aliment de substitution ou de complément est pauvre en protéines.

Il se manifeste par :

- Des oedèmes surtout des pieds, des chevilles, du visage : l'aspect de l'enfant est bouffi.
- un arrêt de la croissance se traduisant par une petite taille par rapport à l'âge,
- une tristesse et un manque d'appétit,
- la décoloration des cheveux qui se frisent et tombent,
- un éclaircissement de la peau et un ventre ballonné. (1-18)

Les complications sont :

- une déshydratation aiguë qui accompagne un épisode de diarrhées aiguës d'origine métabolique ou infectieuse,
- une perte massive de sodium qui provoque une déshydratation hyponatrémique chez l'enfant oedémateux. (1-18)

➤ **Le Marasme :**

Il correspond à l'état d'un enfant sévèrement dénutri et résulte d'une sous-alimentation globale à la fois pauvre en protéines et en aliments énergétiques. Il peut se déclarer très tôt au cours des 6 premiers mois lorsque la mère n'a pas assez de lait (ce qui est rare), chez les enfants allaités au biberon ou exclusivement au sein au-delà de 6 mois. (1-18)

Le marasme se manifeste par :

- Un arrêt de la croissance et une importante perte de poids,
- une atrophie nette des muscles,
- une absence de graisses sous-cutanées,
- une maigreur extrême (cachexie),
- un aspect de "petit vieux", l'enfant reste vif, ne présente pas d'œdèmes et ses cheveux restent normaux. (1)

## **II.5 Le contrôle de qualité**

C'est un système planifié d'activités ayant pour but de fournir aux consommateurs des produits de bonne qualité conformément aux normes établies par les organismes spécialisés dans ce domaine (AFNOR, ISO, Commission mixte FAO/OMS du Codex alimentarius). Ceci par la mesure, l'examen, les essais d'une ou de plusieurs caractéristiques des produits en

## II.5.1 Composition des farines infantiles

### II.5.1.1 Farine MISOLA

**Tableau II : Taux d'incorporation des matières premières dans la composition de la farine MISOLA**

Matières premières	Quantités pour 100g de matière brute
Mil	60g
Soja	20g
Arachide	10g
sucre	9g
Sel	1g
Total	100g

Source: Soubeiga.S, Laurent C et F : la farine MISOLA livret n°1(19)

### II.5.1.2 Farine SINBA (UCODAL)

**Tableau III : Taux d'incorporation des matières premières dans la composition de la farine SINBA**

Matières premières	Quantités pour 100g de matière brute
Mil	28.57g
Maïs	28.57g
Niébé	28.57g
Pain de singe	0.72g
Sucre	11.43g
Sel iodé	0.14g
Sucre vanillé	1.71g
Acide citrique	0.29g
Total	100g

Source : rapport technique de mission en République de Mali sur le volet de nutrition (1997) p. 116-120

### II.5.1.3 Teneur en nutriments des matières premières entrant dans la composition des farines infantiles MISOLA et SINBA (UCODAL)

**Tableau IV : Teneurs en nutriments des matières premières entrant dans la composition des farines infantiles MISOLA et SINBA (UCODAL)**

céréales et légumineuses	Maïs ( <i>Zea mays</i> )	Mil ( <i>Pennisetum glaucum</i> )	Arachide ( <i>Arachis hypogea</i> )	Soja ( <i>Glycine max</i> )	Niébé ( <i>Vigna unguiculata</i> )	sorgho ( <i>Sorghum spp</i> )
calorie (kcal)	359	351	549	405	346	342
humidité (%)	11,1	9,9	6,5	9,5	9,8	11
Protéines (%)	8,5	9,4	23,2	33,7	23,3	9,8
Lipides (%)	4,8	4,1	44,8	17,9	1,3	3,2
Glucides (%)	75,6	74,9	23	33,9	62,6	74
fer mg pour 100g	3,4	4	3,8	6,1	7,6	5,8
thiamine pour 100g	0,31	0,29	0,8	0,71	1	-
riboflavine pour 100g	0,11	0,13	0,14	0,25	0,17	-
Niacine pour 100g	2,7	1,7	15,5	2	2,7	0,21
calcium pour 100g	14	26	49	183	112	40
phosphore pour 100g	-	-	350	540	310	320

Source : Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique (10) et "alimentation et pathologie nutritionnelle en Afrique noire" Sankalé.M, Satgé P et al (18)

Le pain de singe est le fruit du Baobab (*Andansonia digitata*), il est utilisé pour son goût acidulé et sa richesse en vitamine C : 270mg/100g.

### **II.5.2 Composition du lait maternel**

Composition en nutriments de 100g de lait maternel (12):

- **Energie:** 70 Kcal
- **Glucide:** 7g
- **Protéine:** 1,03g
- **Lipide:** 4,6g
- **Calcium:** 30mg
- **Fer :** 0,02mg
- **Vitamine A :** 48 $\mu$ g
- **Folate :** 5 $\mu$ g
- **Vitamine C :** 5mg

### **II.5.3 Facteurs de composition et de qualité des farines infantiles : Normes FAO/OMS du codex alimentarius**

#### **II.5.3.1 Teneur énergétique**

Préparé conformément au mode d'emploi figurant sur l'emballage, 100ml du produit prêt à la consommation doit fournir une densité énergétique proche de 120 kcal (entre 100 et 140 kcal/100ml) tout en ayant une consistance suffisamment fluide pour être bien acceptée par les enfants: (9)

- Une vitesse d'écoulement (distance parcourue par la bouillie à une température de 45°C dans un consistomètre de Botwick) minimum de 100mm/30s lorsqu'elle est préparée à la densité énergétique de 100kcal/100ml;(20)
- Une vitesse d'écoulement maximum de 100mm/30s lorsqu'elle est préparée à la densité énergétique de 100kcal/100ml. (20)

#### **II.5.3.2 Teneur en éléments nutritifs**

- **Teneur en eau**

Elle doit être < 8g/100g de matière brute. (9)

- **Teneur en protéines :**

Les farines ne doivent pas contenir moins de 3g/100 kcal assimilables (0.7g/100 kJ) de protéines de qualité nutritionnelle équivalent à celle de la caséine. La qualité des protéines ne doit pas être inférieure à 85% de celle de la caséine.

La quantité totale de protéines doit être comprise entre 3g et 5.5g/100 kcal ( $\geq 3g$  et  $< 5.5g/100kcal$ ).

Soit une teneur en protéines brutes comprise entre 12 et 22 g /100g de matières sèche ( $>12$  et  $< 22g / 100g MS$ ). (9)

- **Teneur en lipides :**

Le produit doit contenir des lipides en proportion non inférieure à 2.1g et non supérieure à 6g/100 kcal assimilables, soit une teneur en lipides  $>7.5/100g MS$ . (9)

- **Teneur en glucides**

Le produit doit contenir des glucides nutritionnellement assimilables convenant à l'alimentation des nourrissons du deuxième âge et des enfants en bas âges en quantité nécessaire pour ajuster la densité énergétique du produit conformément aux spécifications énoncées précédemment. (9)

#### **II.5.4 Estimation des compositions nutritionnelles des farines infantiles faite par le PAM**

Ces valeurs ont été obtenues par une étude estimative faite sur la qualité des farines par le technologue alimentaire O.Bruyeron (consultant OMS/PAM) (7)

Comparativement aux normes FAO/OMS (teneurs recommandées) et ce en tenant compte la teneur en nutriments de chaque matière première qui dépend de la variété utilisée.

### II.5.4.1 Farine MISOLA

**Tableau V : Composition nutritionnelle estimée de la farine MISOLA et teneurs recommandées**

	<b><u>Teneurs estimées</u></b> (pour 100kcal)	<b><u>Teneurs recommandées</u></b> (pour 100 kcal)
<b>Protéines (g)</b>	<b>3.9g</b>	<b>≥3g et &lt; 5.5g</b>
<b>Lipides (g)</b>	<b>2.8g</b>	<b>≥ 2.1g et ≤6g</b>

Source : rapport du technologue alimentaire O.Bruyeron (consultant OMS/PAM) (7)

### II.5.4.2 Farine SINBA (UCODAL)

**Tableau VI : Composition nutritionnelle estimée de la farine SINBA et teneurs recommandées**

	<b><u>Teneurs estimées</u></b> (pour 100 kcal)	<b><u>Teneurs recommandées</u></b> (pour 100 kcal)
<b>Protéines (g)</b>	<b>3.0g</b>	<b>≥3g et &lt; 5.5g</b>
<b>Lipides (g)</b>	<b>0.8g</b>	<b>≥ 2.1g et ≤6g</b>

Source : rapport du technologue alimentaire O.Bruyeron (consultant OMS/PAM) (7)

### **II.5.5 Généralités sur les germes recherchés dans les farines infantiles**

Les microorganismes sont sans cesse présents dans notre environnement, certains nous sont indispensables et d'autres sont la cause de maladies lorsqu'ils sont ingérés avec les aliments.

Ces micro-organismes sont disséminés par le vent, la poussière, les mains sales, l'eau, les insectes, les animaux, les vêtements....

Dans les pays en voie de développement comme le Mali, les toxoinfections alimentaires restent un problème de santé publique, ceci dû à une hygiène défectueuse surtout dans les zones rurales où l'accès à l'eau potable reste un luxe. Moins de la moitié des ménages maliens (42%) ont accès à l'eau potable, 38% des maliens utilisent l'eau de puits publics ouverts et 14% l'eau de puits ouverts dans le logement (8). La qualité de notre alimentation se trouve amoindrie lorsque les manipulations sont faites dans des conditions d'hygiène défectueuse et les souillures engendrées peuvent être la cause de maladies chez l'homme. Aussi, la lutte contre les microbes doit faire partie de notre quotidien par des mesures préventives d'hygiène telles que :

- un certificat sanitaire et une visite médicale du personnel manipulant les aliments,
- lavage des mains au savon avant manipulation des produits alimentaires et à la sortie des WC,
- la désinfection des locaux de production,
- le port de vêtements propres et une toilette corporelle avant manipulation des produits alimentaires,
- disposition des aliments hors de la portée des mouches et autres nuisibles : cafards, chiens, chats, volaille.... (3)

A tout ceci, on doit inclure un contrôle bactériologique des aliments au laboratoire. Ce contrôle doit être assez rigoureux dans le cas des produits alimentaires destinés aux enfants qui constituent une population sensible.

D'une façon générale, l'objectif du contrôle microbiologique des aliments est de garantir une sécurité hygiénique sanitaire des produits alimentaires.

Ce contrôle bactériologique est basé dans notre cas, sur la recherche de :

1. Germes aérobies mésophiles
2. Germes indicateurs de contamination fécale tels que les coliformes totaux et fécaux
3. Germes pathogènes pour l'homme comme les Salmonelles
4. Les levures et les moisissures

#### **II.5.5.1 Les germes aérobies mésophiles**

C'est l'ensemble des microorganismes aptes à se multiplier à l'air aux températures moyennes, plus précisément ceux dont la température optimale de croissance est située dans la fourchette 25-40°C. Cet ensemble englobe les microorganismes pathogènes d'une part et divers microorganismes d'altération d'autre part. (3)

Dans le cas des produits alimentaires, on donne à cet ensemble une définition plus méthodologique : Ce sont des microorganismes aptes à donner naissance à des colonies visibles après trois jours à une température d'incubation de 30°C sur une " gélose pour dénombrement". Cette définition est plus restrictive car certains lactobacilles par exemple ne croissent pas ou croissent mal sur ce milieu. (3)

Une flore mésophile nombreuse indique que le processus d'altération microbienne est fortement engagé. Sur le plan hygiénique, il n'y a pas de corrélation étroite entre l'importance de la flore totale et la présence de microorganismes pathogènes dans le produit.

Le dénombrement de la flore totale est la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbienne générale des aliments, les pathogènes devant être recherchés directement pour que la sécurité hygiénique soit assurée.

Un aliment dont la flore microbienne est très abondante est considéré comme impropre à la consommation. (3)

### II.5.5.2 Les germes indicateurs de contamination fécale

Les coliformes appartiennent à la famille des entérobactéries gram (-) et leur habitat est essentiellement l'intestin de l'homme et des animaux. Ils fermentent plus ou moins rapidement le lactose en présence de sels biliaires. (16)

Les coliformes fécaux et *Escherichia coli* sont des bactéries capables de se développer à 44°C alors qu'aucune croissance n'est observée à cette température pour les souches non fécales. *E.Coli* est la plus spécifique de tous les coliformes indicateurs de contamination fécale. C'est une bactérie qui apparaît toujours en grande quantité dans les déjections animales et humaines et ne se trouve qu'exceptionnellement dans les sols et eaux qui n'ont pas fait l'objet de contamination fécale.

*E.Coli* :

- se présente sous forme coccobacillaire ou filamenteuse dans les vieilles cultures, parfois capsulée,
- sa mobilité péritriche est très réduite voire même immobile,
- sa culture est très facile avec une grande tolérance de variation de PH dont l'optimum est 7.5,
- une bonne résistance à la chaleur,
- est sensible aux antibiotiques,
- pousse entre 15 et 45°C. (27)

*E.coli* est commensale de l'intestin et représente 80% de la flore intestinale aérobie. (27) Dans les conditions normales, *E.Coli* a une fonction de suppression de bactéries nuisibles et permet de synthétiser de nombreuses vitamines. Mais, une minorité de souches de *E.Coli* est capable de causer des infections humaines. On peut citer entre autres les souches entéropathogènes (souches rares) qui causent des syndromes entériques chez le jeune enfant. Ces souches se caractérisent par la capacité de produire une entérotoxine dont l'action sur les entérocytes perturbe les fonctions d'absorption normalement assurées par la muqueuse intestinale.

### II.5.5.3 Les germes pathogènes pour l'homme

#### Le genre *Salmonella* (4-16)

Il appartient à la famille des entérobactéries : bacille gram (-) et est commensal de l'intestin de l'homme et des animaux (côlon, rectum). On le retrouve également dans l'eau et diverses denrées alimentaires. C'est par ailleurs un aérobe facultatif.

Le genre *Salmonella* est la cause des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes qui sont des maladies du péril fécal d'où la contamination qui se fait par voie orale. La période d'incubation est de 14 jours.

Les salmonelloses sont des maladies provoquées par le genre *Salmonella*. Elles peuvent être transmises par ingestion d'eau ou d'aliments contaminés. Chez l'Homme, elles s'expriment par les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes A, B et C. Le réservoir de germes pour *Salmonella typhi* et *Salmonella paratyphi* A et C est l'Homme tandis que *S. paratyphi* B est ubiquitaire.

Elles se manifestent par des gastro-entérites qui surviennent le plus souvent lors de toxi-infections alimentaires de type sporadique ou collectif provoquées par les *Salmonella* ubiquitaires. Après une incubation de 12 à 36 heures, on observe de la diarrhée parfois sanglante, des douleurs abdominales et une fièvre élevée. Ces signes régressent en une semaine environ et une thérapie symptomatique est en générale suffisante chez les individus adultes sans maladies intercurrentes.

On observe les formes extra-digestives survenant de préférence chez les sujets à risque atteints de maladies intercurrentes ou immunodéprimés. Le traitement nécessite l'administration d'antibiotiques (chloramphénicol).

### II.5.5.4 Facteurs de croissance des bactéries

#### a/ L'activité de l'eau ( $A_w$ ) :

L'eau est utilisée de deux manières pour la croissance des microorganismes :

- Comme solvant des nutriments, permettant leur transport et leur disponibilité dans le cytoplasme,

- Comme agent chimique de réactions diverses du métabolisme.

L' $A_w$  indique la disponibilité de l'eau d'un milieu pour des réactions chimiques, biochimiques, un changement d'état ou un transfert au travers d'une membrane semi-perméable. Sa valeur est comprise entre 0 et 1.

Elle exprime le rapport pression de vapeur de la solution (P) sur la pression de vapeur de l'eau ( $P_0$ ) pure.

$$A_w = P/P_0$$

Dans un milieu clos, elle exprime le rapport  $HR/100$  avec HR (Humidité Relative).

Les microorganismes se développent préférentiellement dans les milieux à forte  $A_w$ . Dès que l'on quitte la zone de 0,99-0,97, on observe une chute de la croissance générale et même l'inhibition totale du nombre de germes des flores d'altérations et pathogènes.

Les céréales ont une  $A_w$  de 0,700. (4)

#### **b/ L'oxygène : (4)**

Les microorganismes sont classés en fonction de leur exigence en oxygène :

- Les aérobies stricts :

Ils exigent de l'oxygène pour leur croissance et n'ont pas la possibilité d'utiliser la voie fermentaire.

- Les aérobies facultatifs :

Peuvent se développer en présence ou en l'absence d'oxygène. Ils possèdent à la fois la chaîne respiratoire et les enzymes nécessaires à la fermentation.

- Les anaérobies stricts :

Ils ont un métabolisme fermentaire obligatoire. Certains sont inactivés par l'oxygène et d'autres supportant des pressions partielles.

**c/ La température : (4)**

En fonction de la température requise pour leur croissance, les microorganismes se divisent en trois groupes :

**□ Les germes psychrophiles**

Ils sont rencontrés en milieu alimentaire et se développent à 0°C en une ou deux semaines et ont un optimum de croissance vers 15°C. Leur température maximale de croissance ne dépasse pas 20°C.

**□ Les germes mésophiles :**

Ils se multiplient à des températures allant de 20°C à 45°C avec un optimum moyen à 37°C.

**□ Les germes thermophiles :**

Ils ont un optimum de croissance de 55°C à 65°C et ne peuvent se développer au dessous de 37°C.

**II.5.5.5 Les levures et les moisissures****➤ Les levures**

Ce sont des champignons microscopiques qui à un stade de leur cycle biologique se présentent sous forme unicellulaire et se multiplient par bourgeonnement pour la plupart ou par scissiparité pour quelques-uns. Ce groupe comporte 60 genres et 500 espèces. (3)

Dans la nature, les levures se trouvent principalement sur les végétaux riches en sucres directement assimilables.

Les levures des produits alimentaires ne sont pas pathogènes et ne causent pas d'intoxication alimentaire. Il peuvent produire par leur développement dans les produits, des altérations de leur qualité marchande par formation de troubles, d'odeur ou de goûts annexes anormaux soit par gonflement des produits ou de leurs emballages. (4)

Dans certaines industries agroalimentaires, le développement des levures est souhaité pour la production de boissons fermentées, la panification, l'aromatisation de la matière alimentaire. (4)

D'un point de vue hygiénique, il n'est pas nécessaire de rechercher les levures dans les produits alimentaires, mais les altérations qu'elles peuvent causer sur le plan technologique rendant non commercialisable le produit, fait que leur recherche s'avère indispensable. (4)

### **Conditions de développement**

- **nutrition**

Les levures dépourvues de chlorophylle sont incapables de synthétiser des composés organiques nécessaires à leur croissance à partir de substrats minéraux. Pour leur développement, elles ont besoin de composés organiques carbonés (source d'énergie), de composés azotés réduits sous forme d'ammonium pour la synthèse des protéines et des acides nucléiques, d'éléments minéraux variés. Toutes les levures sont capables de dégrader les sucres simples (glucose, fructose et mannose) en présence d'oxygène par un métabolisme oxydatif entraînant la formation de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau. (3)

En plus des sucres simples, certaines levures peuvent utiliser d'autres composés carbonés à savoir les di, tri et même polysaccharides tels que l'amidon. (3)

- **Température**

Les levures ne sont pas thermo-résistantes, leur destruction commence dès 52°C. La température courante de culture est de 25 à 30°C permettant la croissance de la plupart des levures. (3)

- **Oxygène**

Toutes les levures sont capables de se développer en présence d'oxygène, il n'y en a pas d'anaérobies strictes. (3)

### **➤ Les moisissures**

Les moisissures sont comme les levures, des micromycètes, saprophytes se développant aux dépens de substrats inertes ou en voie de décomposition. Les moisissures possèdent un appareil végétatif constitué

par un thalle filamenteux, le mycélium dont les filaments s'appellent hyphes. Ce mycélium peut se différencier pour donner des organes forts variés selon les groupes spécialisés dans la multiplication et la dissémination : ce sont les spores. (4)

### **Conditions de développement**

- **Température**

La plupart des moisissures se développent entre 15 et 30°C avec une croissance optimale aux environs de 20 à 25°C

A très basse température, certaines moisissures ne sont pas tuées : leurs spores survivent et resteront aptes à germer lors du retour des conditions normales. A température élevée, on observe une microflore fongique très abondante dans laquelle dominent des espèces thermophiles comme *Aspergillus flavus*. (4)

- **Humidité**

La majorité des moisissures préfère une activité de l'eau élevée ( $A_w$ ) (disponibilité de l'eau d'un milieu pour des réactions chimiques, biochimiques, un changement d'état ou un transfert au travers d'une membrane semi-perméable) de 0.80 à 0.95.

A 25°C, quelques espèces peuvent croître à  $A_w < 0.75$  ; elles sont alors appelés xérophiles. On les rencontre sur les fruits secs, les dérivés de céréales, le lait en poudre, les confitures, les charcuteries sèches. (4)

- **pH**

Les moisissures n'ont que peu d'exigence à l'égard du pH, elles savent l'ajuster rapidement à leur convenance. La majorité d'entre elles aime des substrats dont le pH est compris entre 4 et 8 alors que certaines tolèrent des pH beaucoup plus acides ou très alcalins. (4)

- **Quantité d'oxygène**

La plupart des moisissures sont aérobies, les plus exigeantes vivent dans les régions périphériques des substrats et les moins exigeantes peuvent se développer en profondeur.

Certaines peuvent supporter une anaérobiose stricte. (4)

## **II.6 Les unités de production artisanales (UPA)**

Ce sont de petites usines artisanales de production de farines infantiles ou d'autres denrées alimentaires.

- **UCODAL** (*Unité de transformation et de conditionnement des denrées alimentaires*)

UCODAL a été créée en 1988.

Au début, la production principale de l'unité était la pâte d'arachide et d'autres condiments.

Maintenant, c'est le fonio précuit qui constitue sa production principale.

La production de farine infantile n'a commencé qu'en 1998 après la dévaluation du franc CFA (1996), quand les farines importées sont revenues assez cher pour le Malien moyen. La farine SINBA était enrichie au niébé et au poisson.

Jusqu'à ce jour, UCODAL ne dispose pas de formule standard pour SINBA.

- **MISOLA** (*Mil, Soja, Lait, Arachide*)

Auparavant, le lait rentrait dans la composition de MISOLA d'où son nom.

MISOLA est une association à but lucratif, génératrice de revenus pour les femmes adhérentes ayant pour activité essentiellement, la production de farines infantiles. Cette unité est implantée un peu partout au Mali, aujourd'hui nous pouvons compter 17 unités de MISOLA à travers le Mali dont celles de Bamako, Kati, Sévaré, Bandiagara, Gao. L'unité de Kati constitue le centre formateur des membres de l'association à la production

## II.7 Processus de production des farines infantiles

### II.7.1 Farine MISOLA

- **Approvisionnement en matières premières**

- Le soja

L'Unité de Production Artisanale (UPA) se procure le soja par l'intermédiaire de la Compagnie Malienne Des Textiles (CMDT). Il est stocké en grande quantité dans les magasins car c'est une matière première dont la culture n'est pas vulgarisée et donc rare sur le marché.

- Le mil et l'arachide :

Ils sont achetés au marché de même que le sucre et le sel.

- **La transformation des matières premières**

- Le mil :

1. Première étape : Le vannage pour éliminer les particules étrangères
2. Deuxième étape : Le lavage
3. Troisième étape : Le séchage

Le mil est étalé sur des nattes en matière plastique au soleil jusqu'à disparition de toute trace d'eau.

4. Quatrième étape : La torréfaction

Elle se fait dans un tambour que l'on fait tourner sur le feu. Elle est terminée lorsque le mil a perdu son goût d'aliment crû il faut noter qu'ici la température et la durée de torréfaction ne sont pas fixées.

L'utilité de la torréfaction réside dans le fait qu'elle élimine l'humidité, les germes, améliore le goût de la farine qui se conservera alors plus longtemps. (19)

- Le soja

1. Première étape : Le vannage, lavage séchage et torréfaction :

Dans le cas du soja, la torréfaction est terminée lorsqu'on n'entend plus le bruit des graines qui se fendent. Cependant, une torréfaction poussée du soja entraîne la perte de sa qualité nutritionnelle (6)

2. Deuxième étape : Le dépelliculage

Il se fait au moulin.

3. Troisième étape : Le vannage

Il permet d'éliminer les pellicules qui sont indigestes. (19)

➤ L'arachide

1. Première étape : Le triage

Il se fait à la main et permet d'éliminer les particules étrangères et les graines pourries pouvant modifier le goût de la farine et y entraîner des altérations si elles sont moisies (*Aspergillus flavus*).

2. Deuxième étape : Le grillage

Il se fait dans un tambour que l'on fait tourner sur le feu. Les graines d'arachide ne doivent pas être trop cuites sinon peuvent accuser une perte en matières grasses.

3. Troisième étape : Dépelliculage et vannage (19)

• **Production de farine**

Les matières premières sont d'abord mélangées puis passées au moulin dans les proportions suivantes:

- Mil 60%
- Soja 20%
- Arachide 10%
- Sel 0.5-1%
- Sucre 9%

Après obtention de la farine et tamisage, on ajoute une enzyme, qui est une  $\alpha$  amylase appelée hitempase, permettant de donner une bonne fluidité à la bouillie augmentant ainsi sa densité énergétique. La farine est alors passée dans un mélangeur manuel pour l'homogénéiser. (19)

- **Le conditionnement**

La farine est conditionnée dans des sachets de qualité alimentaire, pesés puis soudés à l'aide d'un thermo-soudeur électrique.

## **II.7.2 Farine SINBA (UCODAL)**

- **Approvisionnement en matières premières**

De même que pour l'unité de production MISOLA, les matières premières sont achetées au marché. Il faut noter à ce niveau que les variétés de céréales achetées ne sont jamais les mêmes car ni le vendeur ni les acheteuses ne maîtrisent cet aspect. Ce qui pourrait entraîner la variation des teneurs en nutriments.

- **La transformation des matières premières**

➤ Le mil :

1. Première étape : Il est d'abord dépoussiéré par vannage puis il est épierré par tamisage manuel et ensuite décortiqué.

2. Deuxième étape : le lavage et le séchage

Le mil décortiqué est lavé puis mis à sécher sur des nattes exposées au soleil, le produit est recouvert d'un tissu. Le séchage se fait dans un séchoir à gaz pendant les saisons pluvieuses.

3. Troisième étape : la torréfaction

Le mil est grillé à l'aide d'un torréfacteur manuel utilisant le bois. La torréfaction est terminée à l'apparition d'un léger brunissement et une odeur de mil grillé. (7)

4. Quatrième étape : Le mil est broyé dans un broyeur à marteaux mobiles ayant un tamis de maille 1mm.

➤ Le Maïs:

Le procédé est le même que celui du mil. On obtient la farine de maïs.

1. Première étape : Il est d'abord dépoussiéré par vannage puis tamisé manuellement et ensuite décortiqué.
2. Deuxième étape : le lavage.
3. Troisième étape : Le niébé est précuit à la vapeur, ce qui permet d'après l'entrepreneur de diminuer le goût prononcé du niébé dans le produit final et de baisser le barème de torréfaction. Ceci permettant de maintenir la blancheur du produit même après torréfaction.
4. Quatrième étape : Le séchage et broyage  
Le niébé est alors séché dans le séchoir à gaz puis broyé dans un broyeur à marteaux mobiles ayant un tamis possédant des perforations de 1mm de diamètre.

La farine de niébé est torréfiée pendant 20 à 25 minutes.

- **Le mélange et le conditionnement**

Le mélange des ingrédients est réalisé dans une bassine puis passé dans un broyeur à marteaux équipé d'un tamis de 0.7 mm de diamètre. La farine est conditionnée dans un sachet en polyéthylène de qualité nutritionnelle de 100 $\mu$ m de diamètre.

## **II.8 Matériaux utilisés pour le conditionnement des farines infantiles**

L'emballage doit avant tout conserver et protéger le produit alimentaire qu'il contient jusqu'à sa consommation. Pour ce fait, il doit être :

- Résistant mécaniquement pour protéger contre les chocs, les pressions, les rongeurs et les insectes qui peuvent le percer,
- imperméable pour éviter les échanges de microorganismes ou de matières (oxygène et eau),
- opaque, isolant pour protéger le produit contre les effets de la lumière ou de la chaleur. (29)

Pour l'emballage des farines infantiles, les matériaux utilisés sont :

- Les sachets en polyéthylène ou en polypropylène,
- les sachets en complexe aluminisé,
- le carton,

- les boîtes en polychlorure de vinyle (PVC) ou métalliques. (29)

Les farines MISOLA et SINBA sont conditionnées dans des sachets en polyéthylène haute densité ayant  $100\mu\text{m}$  d'épaisseur recommandés par O. Bruyeron. Leur durée de conservation lorsque la teneur en eau initiale est inférieure à 8%, est estimée à 6 mois.

Pour permettre une durée de conservation supérieure à 6 mois avec une teneur en eau inférieure à 8%, ces sachets en polyéthylène doivent avoir une épaisseur comprise entre  $150$  et  $200\mu\text{m}$ .

L'inconvénient de ces emballages en matière plastique réside dans le fait :

- qu'ils ont une inertie limitée (migration possible d'éléments nocifs),
- une résistance à la chaleur limitée,
- ne sont pas biodégradables,
- certains sont perméables à la vapeur d'eau et aux gaz.

**DEUXIEME PARTIE :**  
**METHODOLOGIE D'ÉTUDE**

### **III. METHODOLOGIE D'ÉTUDE**

#### **III.1 Cadre et lieu d'étude**

Notre étude s'inscrit dans le cadre du projet du PAM "Alimentation Complémentaire et Appui aux Services de Santé Communautaire" intervenant dans la région de Mopti et ayant pour objectif l'amélioration durable de l'état nutritionnel des populations vulnérables (enfants de 6 à 36 mois et des femmes enceintes et allaitantes). Ce projet est basé sur la mise en place et l'utilisation de nouvelles farines enrichies en nutriments à savoir les farines MISOLA et SINBA (UCODAL) produites au Mali et composées de matières premières locales.

Notre étude s'est déroulée au sein du Laboratoire National de la Santé (LNS) à Bamako. Le LNS a été créé en 1990 suivant l'Ordonnance ministérielle N°90-34-P-RM du 05 juin 1990, il se situe à Bamako à Dar-Es Salam en Commune III.

Depuis le 20 septembre 2000 portant abrogation des dispositions antérieures notamment l'Ordonnance N°90-34/P-RM du 05 juin 1990 et la création d'un Établissement Public à Caractère Scientifique et Technologique (EPST) dénommé Laboratoire National de la Santé. Chaque année, il reçoit des stagiaires de divers domaines.

Il emploie 32 personnes et est dirigé par un pharmacien

Il a pour mission :

- Le prélèvement et l'analyse des échantillons dans toute unité de production, d'importation, de distribution ou de conservation de médicaments, eaux, boissons diverses aliments et toutes autres substances introduites dans l'organisme humain et animal dans le but thérapeutique, nutritionnel ou autres et concourant à l'amélioration ou la détérioration de l'état de santé de l'homme et de l'animal,
- L'émission de son avis technique pour l'autorisation ou l'interdiction de l'usage de tout produit, médicament, aliment ou boisson à usage thérapeutique, diététique ou alimentaire,
- la participation à la formation universitaire et post-universitaire

- l'entreprise des activités de recherches scientifiques et techniques
- la contribution à l'élaboration des normes et veiller à leurs applications.

### **III.2 Type et période d'étude**

Cette étude est de type prospectif et s'est déroulée du mois de septembre 2002 au mois de mai 2003.

### **III.3 Échantillonnage**

L'échantillonnage a été fait selon le plan de l'échantillonnage recommandé par le Codex Alimentarius pour les denrées alimentaires préemballées, en fonction des livraisons faites au PAM par les unités de production.

Ce plan d'échantillonnage recommande :

- de prélever les échantillons au hasard,
- pour un échantillon de poids net égal ou inférieur à 1kg et pour un lot de 4801 à 24000 échantillons au total, de prélever 13 échantillons pour l'analyse avec un critère d'acceptation = 2 (c'est à dire que le lot pourra être rejeté si deux échantillons ne répondent pas aux normes),
- pour un lot d'une importance de 4800 échantillons ou moins, de prélever 6 échantillons pour l'analyse avec un critère d'acceptation = 1. Le critère d'acceptation n'a pas été tenu en compte dans notre étude car il est jugé sévère surtout pour ce qui est des paramètres physico-chimiques. Le choix d'accepter ou de rejeter un lot revient au PAM après réception des résultats d'analyse par le LNS.
- Un niveau de contrôle I (ampleur de l'échantillonnage) : c'est à dire un échantillonnage normal dans notre cas en dehors de litiges, d'inspection à des fins légales ou des besoins de mieux estimer le lot (niveau de contrôle II)

- un niveau de qualité acceptable (NQA) de 6,5: qui correspond au pourcentage maximum d'individus défectueux 6,5% permis dans un lot qui sera accepté dans 95% environ des cas .Mais ce critère n'a pas été tenu en compte dans notre étude.

Le LNS a recommandé, pour l'ensemble de la production des deux types de farines MISOLA et SINBA correspondant à 24000 sachets de 500g par livraison, de prélever au total 14 échantillons dont 8 pour MISOLA et 6 pour SINBA.

Pour chacune des 3 livraisons au PAM, il y a eu 12 000 sachets de farines de 500 grammes soit 6 tonnes dont 6000 sachets pour MISOLA répartis entre les 4 unités et 6000 sachets pour UCODAL en 3 lots de production. Pour chaque livraison, nous avons eu à analyser 14 échantillons dont 6 pour UCODAL et 8 pour MISOLA. Au total, 42 échantillons ont donc été analysés dont 24 pour MISOLA et 24 pour UCODAL. Ces livraisons ont été effectuées en septembre, en janvier et en février 2003.

Du fait de la non conformité aux normes des premiers échantillons de SINBA analysés; 6 échantillons de SINBA ont été analysés au compte de la productrice afin de vérifier les paramètres physico-chimiques qui n'étaient pas conformes aux normes lors des premières analyses (30/09/2002). Pour ces 6 échantillons, les paramètres microbiologiques n'ont pas été analysés.

Le contrôle de stabilité a été effectué en 3 étapes sur 21 échantillons de farines dont 4 pour MISOLA et 3 pour UCODAL (SINBA) .Chaque étape par mois et ce pour 3 mois et prélevés depuis la première livraison en septembre:

Première étape : mois de décembre correspondant à 3 mois de conservation

Deuxième étape : mois de février correspondant à 5 mois de conservation

Troisième étape : mois de Mai correspondant à 8 mois de conservation.

Au total, nous avons analysé 69 échantillons de farines infantiles.

#### **III.4 Méthodes analytiques utilisées**

La qualité des produits a été vérifiée tant du point de vue nutritionnel que microbiologique. Les paramètres à analyser sont issus du rapport du consultant de l'OMS 1999 : "la proposition de normes pour les farines

### III.4.1 Analyses physico-chimiques

#### III.4.1.1 Dosage des protéines brutes

##### ➤ Principe

La matière organique est détruite par oxydation sous l'effet combiné de l'acide sulfurique, de catalyseurs (comprimés de Kjeldahl) et de substances destinées à élever le point d'ébullition du mélange : eau oxygénée ( $H_2O_2$ .)

Dans ces conditions, l'azote des groupes amino, amido, et imino, est transformé en sel d'ammonium (sulfate d'ammonium). Par distillation, l'ammoniaque libéré de ce sel est recueilli en totalité dans une solution acide de titre connu (l'acide borique) puis dosé par l'acide sulfurique 0.1N. (21)

##### ➤ Matériel et appareillage

- Distillateur UNIDIS-ATL

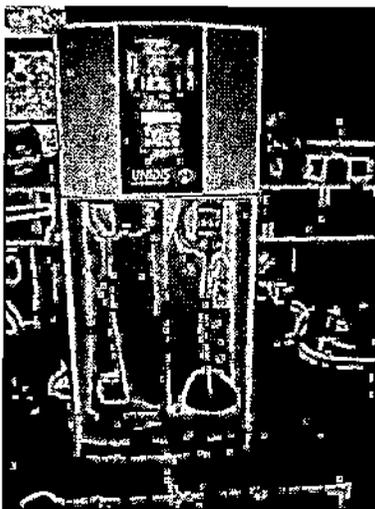


Figure 1 : Distillateur UNIDIS-ATL

- Minéralisateur : Bloc KJ6 ATL

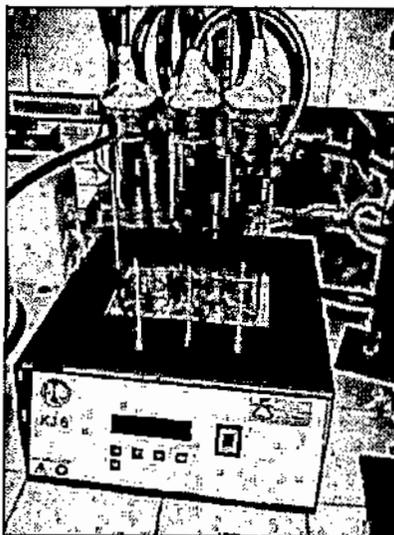


Figure 2 : Minéralisateur : Bloc KJ6 ATL

- Entonnoir
- Hotte
- Trompe à eau
- Burette
- Erlenmeyer
- Scotch en papier

➤ Réactifs

- Acide sulfurique pur ( $d = 1,83$ ),
- acide sulfurique 0,1N,
- peroxyde d'hydrogène 30%,
- comprimés de Kjeldahl composés de 5g de sulfate de potassium et 5mg de Sélénium
- acide borique 4%,
- indicateur coloré, rouge de méthyle,
- lessive de soude décarbonisée 35%.

➤ Mode Opératoire

□ Minéralisation :

- Peser = 0,25g de farine dans les matras;
- ajouter 1 comprimé de Kjeldahl ;
- ajouter 4ml d'Acide Sulfurique pur et agiter ;
- ajouter 5ml de Peroxyde d'Hydrogène 30% ;
- placer les matras dans le minéralisateur, scotcher les couvercles à leur matras et procéder alors à la minéralisation qui dure environ 5h, jusqu'à ce que la solution devienne claire et limpide.

□ Distillation :

- Ajouter 50ml d'eau distillée et 20ml de Soude ;
- mettre l'appareil sous tension, s'assurer que les tuyaux sont bien branchés, ouvrir le robinet et régler le débit d'eau ;
- lancer un cycle de rinçage en appuyant sur la touche « M/ A Rinçage » ;
- placer alors le cylindre avec la solution minéralisée d'un côté et l'erlenmeyer contenant 25ml d'Acide Borique de l'autre ;
- lancer le cycle de distillation à l'aide de la touche « M/ A Cycle »;
- vérifier les premières gouttes du distillat avec du papier pH, pour vérifier la basicité de la solution ;
- lorsque la distillation est terminée, les dernières gouttes doivent être neutres ;
- doser alors l'azote avec l'Acide Sulfurique 0,1N
- ajouter 2 à 3 gouttes de Rouge de Méthyle (indicateur coloré).

Le dosage est terminé quand la couleur rose persiste pendant 5 minutes.

➤ Expression des résultats

Soit N, le pourcentage d'azote brut

Soit V(ml), le volume d'Acide Sulfurique 0,1N

Soit m, la prise d'essai, avec  $m = 0,25\text{mg}$

Soit P(%), la teneur en protéines brutes

$$N = \frac{0,0014 \times V \times 100}{m} (\%)$$

$$P = N \times 6,25 = 0,14 \times V \times 25 (\%)$$

### III.4.1.2 Dosage des glucides totaux

➤ Principe

Il est basé sur le pouvoir réducteur des oses. L'hydrolyse acide des polysaccharides présents dans l'échantillon par inversion libère les oses (sucres réducteurs) qui réduisent la liqueur de Fehling (réaction de Bertrand). La réaction se fait en milieu basique selon l'équation :



Précipité rouge brique

On obtient alors un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) qui sera dissout dans une solution ferrique et titré par du permanganate de potassium ( $\text{KMnO}_4$ ). (22)

➤ Matériel et appareillage

- Réfrigérant et bain-marie

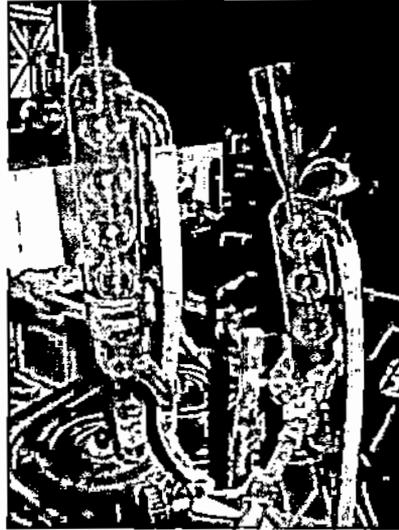


Figure 3 : Réfrigérant et bain-marie

- Chauffe-ballon
- Centrifugeuse
- Burette, ballon, fiole

➤ Réactifs

- Solution d'acétate de zinc 30%;
- acide chlorhydrique pur  $d = 1,18$ ;
- solution de Sulfate de Cuivre :
  - sulfate de cuivre cristallisé 40g
  - eau distillée qsp 1000ml;
- solution alcaline :
  - tartrate double de sodium et de potassium, 200g;
  - soude caustique qsp 150g;
  - eau Distillée 1000ml;
- solution ferrique :
  - sulfate ferrique, 50g;
  - acide Sulfurique pur, 200g;
  - eau distillée qsp 1000ml;
- solution titrée de permanganate de potassium 0.1N :

- |                              |   |                                     |
|------------------------------|---|-------------------------------------|
| - $\text{KMnO}_4$ pur, 0,32g | } | - Chauffer au bain-marie pendant 1h |
| - eau distillée qsp 100ml    |   | - Refroidir et Filtrer              |

- solution de lessive de soude 27%

➤ Mode opératoire

Inversion totale des glucides :

- Peser 4g d'échantillon dans un ballon ;
- ajouter à la prise d'essai 40ml d'eau distillée, 1ml d'acétate de zinc  $[\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2]$  et 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl);
- porter le mélange à ébullition pendant 2h 30 à chauffage reflux ;
- laisser refroidir et ajouter 3 gouttes de phénolphthaline ;
- ajouter NaOH jusqu'au virage (neutralisation) ;
- verser le tout dans une fiole de 1000ml en prenant soin de rincer le ballon afin de récupérer tous les résidus ;
- compléter avec de l'eau tiède jusqu'au trait de jauge ;
- filtrer ;

Dosage de Bertrand :

- dans un tube; prélever 20 cc de solution alcaline, 20 cc de sulfate de cuivre ;
- chauffer le mélange jusqu'à ébullition et maintenir l'ébullition pendant 3 min ;
- laisser refroidir et centrifuger ;
- verser la solution surnageante en faisant bien attention de ne pas perdre de l'oxyde formé ;
- laver à l'eau chaude le résidu et centrifuger encore ;
- verser le surnageant comme précédemment ;
- dissoudre le résidu avec un peu de solution ferrique ;
- titrer avec la Solution de  $\text{KMnO}_4$  étalonnée

➤ Expression des résultats :

Soit V, la descente de burette

Soit X, la quantité de Cu correspondant à 1ml de  $\text{KMnO}_4$  (cf. étalonnage de la solution de  $\text{KMnO}_4$ ).

On définit par S la quantité de sucre selon le tableau de dosage du sucre d'après Fehling (cf. manuel suisse des denrées alimentaires) avec :

$\text{Cu} = X \times V$  correspondant à une certaine quantité de sucre selon le tableau de dosage du sucre S d'après Fehling (21)

Cu est la quantité de cuivre réduit par les sucres de l'échantillon

Soit G, le taux de glucides totaux

Soit m, la prise d'essai

Soit V, le volume pris pour le dosage (20 cc)

$\frac{(S \times 100)}{(m \times V)} \quad (\%)$
--

• **Étalonnage de la Solution de  $\text{KMnO}_4$**

➤ Réactifs

- Sulfate ferreux;
- acide sulfurique dilué R (2N = 5,5ml qsp 100ml)

Soit X, la quantité de cuivre oxydé par 1ml de la solution préparée de  $\text{KMnO}_4$

Soit M la quantité de Cu oxydée par 1ml de  $\text{KMnO}_4$  0,1N (M = 10,047)

Soit V, le volume de  $\text{KMnO}_4$  préparé qui correspond à la neutralisation de 200mg de Sulfate Ferreux

$$X = \frac{200 \times M}{V} = 72,28 / V \text{ (mg de Cu)}$$

➤ Mode opératoire

- Peser 200mg de sulfate ferreux ;
- ajouter 100ml d'eau distillée exempte de  $\text{CO}_2$  ;

- ajouter 200ml d'Acide Sulfurique dilué R ;
- titrer par  $\text{KMnO}_4$  0,1N jusqu'au virage au rose.

Calcul utilisé pour le dosage des sucres et glucides totaux :

$$1\text{ml de } \text{KMnO}_4 \text{ 0,1N} \leftrightarrow 27,8\text{mg de Sulfate Ferreux heptahydraté}$$
$$V \times 27,8$$

### III.4.1.3 Dosage des matières grasses

#### ➤ Principe.

Il consiste en l'extraction de la matière grasse contenue dans la farine à l'aide d'un solvant organique et faire la pesée du flacon à la fin de l'extraction pour déterminer la masse de la matière grasse extraite.

#### ➤ Matériel et appareillage

- Extracteur MG2 – test

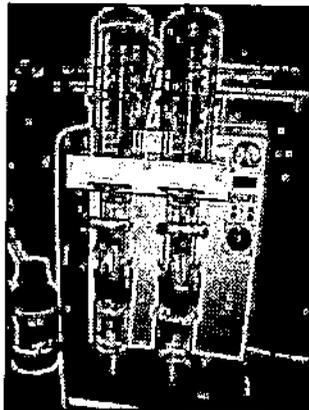


figure 4 : Extracteur MG2 – test

#### ➤ Réactifs

- Éther de pétrole ou hexane, 100ml

#### ➤ Mode opératoire

- Peser à vide les flacons et les remplir de solvant (hexane ou éther de pétrole) jusqu'au trait de jauge ;
- peser dans les cartouches 5g d'échantillons ;

- boucher les cartouches avec du coton et les positionner sur leur support ;
- mettre en marche l'appareil (le voyant vert s'allume) ;
- quand les plaques commencent à chauffer, le voyant orange s'allume ;
- l'interrupteur de gauche doit se trouver en position « E » (Extraction) ;
- à l'aide de la vis placée sur le côté droit de l'appareil, fixer la température à environ 125°C ;
- appuyer sur la touche « T » pour afficher la température de consigne ;
- positionner le flacon d'extraction sur la partie basse du réfrigérant ;
- après avoir ajouté le régulateur d'ébullition ;
- relier par les 2 ressorts les réfrigérants au flacon ;
- descendre les cartouches dans les flacons ;
- les robinets doivent être en position verticale ;
- faire descendre les flacons sur les plaques chauffantes ;
- l'extraction se fera pendant 20 à 30 min, les cartouches plongées dans le solvant bouillant ;
- remonter les cartouches en position haute ;
- enclencher la minuterie de 1h à 1h 30 ;
- pour la récupération du solvant dans les réfrigérants, basculer l'interrupteur en position « R » (Récupérer), les robinets sont alors en position horizontale ;
- au bout de 15 min, tourner les robinets toujours dans le même sens d'un quart de tour et récupérer le solvant dans un flacon (80ml) ;
- tourner encore d'un quart de tour le robinet et récupérer le reste du solvant (20ml) ;
- récupérer les flacons et les sécher à l'étuve à 103°C pendant

➤ Expression des résultats

Soit  $P_0$ , le poids des flacons vides

Soit  $P_1$ , le poids des flacons après séchage

Soit  $P_2$ , le poids de l'échantillon

Soit MG, la teneur en matière grasse

$$MG = \frac{(P_1 - P_0) \times 100}{P_2}$$

#### III.4.1.4 Détermination de la teneur en eau

➤ Principe

Il consiste à faire une prise d'essai de 5g d'échantillons dans les capsules puis après un séjour à l'étuve de déterminer la quantité d'eau contenue dans la farine. La différence de poids entre les capsules avant et après dessiccation correspond alors à la teneur en eau.

➤ Matériel et appareillage

- Capsules
- Étuve
- Dessiccateur
- Balance

➤ Mode opératoire

- Peser au préalable les capsules vides ;
- peser 5g d'échantillon dans les capsules ;
- les placer dans l'étuve à 130°C pendant 5h ;
- les refroidir dans le dessiccateur et faire une première pesée ;
- effectuer une nouvelle dessiccation pendant 2h et peser ;
- quand la différence entre 2 pesées est inférieure à 2mg, on considère que l'opération est finie.

➤ Expression des résultats

Soit P, la prise d'essai

Soit P', le poids de résidu sec

Soit H, la teneur en eau avec :

$$H = \frac{P - P'}{P} \times 100(\%) + 0,3\%$$

0,3 est le terme correctif pour tenir compte de l'humidité de l'atmosphère dans laquelle se fait la dessiccation.

### III.4.2 Analyses microbiologiques :

#### ➤ Principe

Il consiste à dénombrer après ensemencement les échantillons sur des milieux sélectifs à la température optimale de croissance des germes :

- Isoler les microorganismes présents dans l'échantillon;
- diluer l'échantillon dans un diluant approprié (eau peptonée) et agiter, ceci pour séparer les germes de leur substrat solide et pour les séparer entre eux.
- faire la culture dans un milieu nutritif approprié et ceci après avoir fait une dilution de la solution mère au dixième et même au centième.
- évaluer alors le nombre de germes trouvés dans l'échantillon par gramme de produits pour chaque espèce. (12)

➤ Matériels et appareillage

- Hotte à flux laminaire

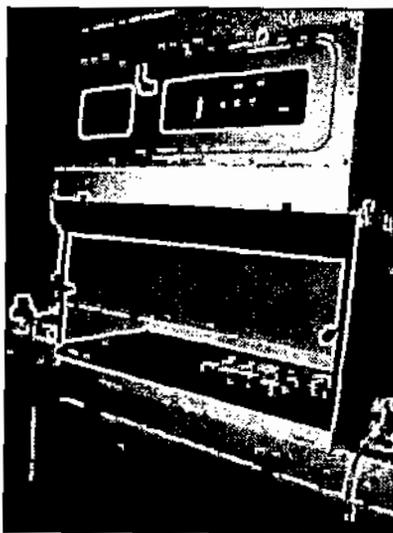


figure 5 : Hotte à flux laminaire

- Microscope optique

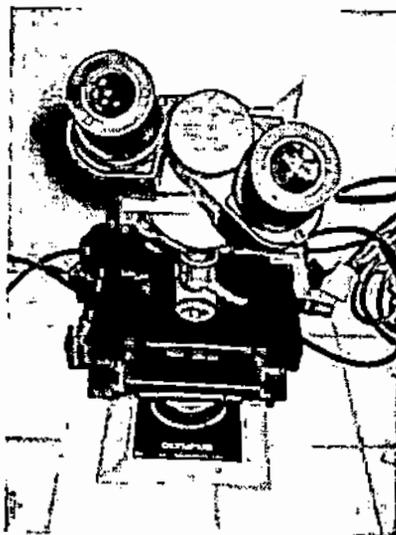


figure 6 : Microscope optique

- Compteur de colonies visibles

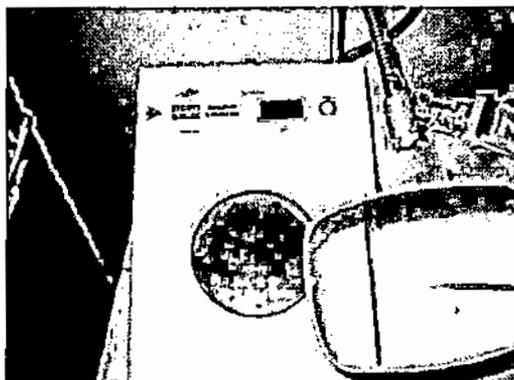


figure 7 : Compteur de colonies visibles

- Balance électronique

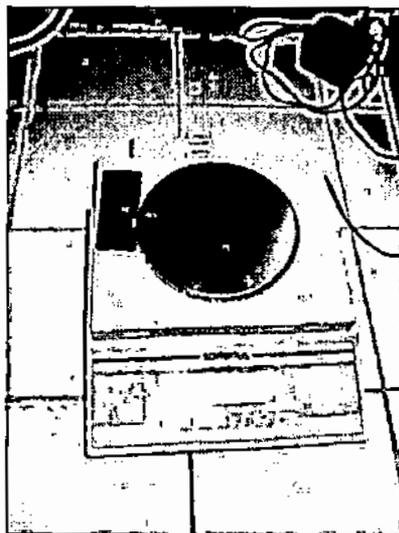


figure 8 : Balance électronique

- Boîtes de pétri
- Sachets stériles
- Mode opératoire
- Peser 25 grammes d'échantillon dans un sachet stérile et compléter avec de l'eau peptonée à 250 grammes et tout ceci se faisant dans des conditions d'asepsie de préférence sous une hotte stérile.

- Laisser reposer la solution mère 20 à 25 minutes pour permettre une bonne revivification des microorganismes puis procéder à l'homogénéisation par une simple agitation.
- Faire une dilution de la solution mère au dixième ou au centième car le nombre de microorganismes des céréales est toujours élevé et donc une farine peut très normalement en contenir quelques milliers. La solution en contient par conséquent beaucoup trop pour un comptage sur plaque gélosée en boîte de pétri.
- Ensemencer pour chaque dilution 2 boîtes de pétri par 1 millilitre de solution en commençant par la dernière dilution jusqu'à la solution mère.
- Mélanger le prélèvement avec le milieu gélosé en un mouvement rotatif sur la paillasse.
- Porter les boîtes de pétri à incubation à 44°C pour les coliformes pendant 48h, 37°C pour les germes totaux pendant 48h, pour les levures à la température ambiante pendant 72 h et pour les moisissures à la même température pendant 5 à 7 jours.
- Les boîtes à retenir pour le dénombrement sont celles contenant des colonies bien distinctes les unes des autres.
- Les résultats sont exprimés en nombre de germes par gramme de produit initial. La moyenne obtenue est multipliée par le facteur de dilution.

#### **Les milieux de culture utilisés pour le dénombrement des bactéries**

- Gélose de Sabouraud pour dénombrer les levures et moisissures
- Gélose PCA (Plate Count Agar) pour le dénombrement des germes mésophiles aérobies
- Gélose au désoxycholate pour les coliformes totaux et fécaux
- Milieu SS pour le dénombrement des salmonelles.

### III.4.3 le contrôle de stabilité

#### ➤ Mode opératoire

Les farines sont conservées dans des sachets en polyéthylène de qualité alimentaire ayant 100 $\mu$ m d'épaisseur ce qui leur confère une durée d'utilisation de 6 mois si la teneur en eau initiale est inférieure à 8. (7)

Ce contrôle de stabilité nous a permis de suivre l'évolution des différents paramètres pendant 8 mois afin de confirmer ou d'infirmier la durée de conservation prédéterminée.

Les échantillons ont alors séjourné dans l'étuve fortement humidifiée à une température de 43°C pour tester leur stabilité dans des conditions extrêmes de température et d'humidité. L'étuve n'étant pas munie de dispositif pour le réglage de l'humidité, le LNS pour la créer a dû y placer une casserole remplie d'eau dont le niveau était constamment rajusté.

Nous avons donc eu à faire le contrôle des paramètres physico-chimiques (les teneurs en eau, lipides, protéines et glucides) et les paramètres microbiologiques (germes totaux, coliformes et *E. Coli*, levures, moisissures et Salmonelles) en décembre, février et mai après une conservation à l'étuve dans les conditions citées plus haut. Ceci, pour voir si la farine conserve ses qualités nutritionnelles et sa qualité sanitaire après huit mois de conservation.

### III.4.4. Composition nutritionnelle moyenne

Pour déterminer la valeur énergétique moyenne des farines, nous sommes partis sur la base de :

1g de protéine	fournit 4Kcal
1g de lipide	9Kcal
1g de glucide	4Kcal (5)

Nous avons fait le calcul à partir de la teneur moyenne de chaque nutriment  
Pour calculer la moyenne nous avons utilisé la formule suivante :

$$\eta = \sum x_i / N$$

Avec  $x_i$  teneurs en nutriments et N nombre d'échantillons

Pour MISOLA, N=24

Pour UCODAL, N=18

Cette formule a été appliquée à chaque nutriment pour déterminer leur moyenne.

Nous avons déterminé l'écart-type pour montrer la dispersion des valeurs autour de la moyenne. Pour cela, nous avons donc utilisé la formule suivante :

$$\sigma = \sqrt{1 / (N-1) \times \sum (x_i - \eta)^2}$$

$\eta$  teneur moyenne

$x_i$  teneurs en nutriments

N nombre d'échantillons

### III.4.5 Normes

Les normes utilisées sont celles du codex alimentarius de la commission FAO/OMS revues par S.Trèche consultant de l'OMS dans son rapport "proposition de normes pour les farines infantiles au Mali" Bamako 1999 (20)

**Tableau VII : Normes utilisées au LNS**

<b>Paramètres physico-chimiques</b>	<b>Normes</b>
Teneur en eau	<8g/100g de MB
Teneur en glucides	≥60g/100g de MS
Teneur en lipides	>7,5g/100g de MS
Teneur en protéines	12≤T≤22g/100g de MS
<b>Paramètres microbiologiques</b>	<b>Normes</b>
Germes aérobies mésophiles	<10 <sup>5</sup> /g
Levures et moisissures	<10 <sup>3</sup> /g
Coliformes et <i>E.Coli</i>	<10/g
Salmonelles	<1/25g

**TROISIEME PARTIE :**  
**RESULTATS**

## IV. RESULTATS ET ETUDE COMPARATIVE AUX NORMES

### OMS

#### IV.1 Analyses Physico-chimiques

Tableau VIII : Teneurs physico-chimiques des farines infantiles MISOLA

			Paramètres Physico-chimiques			
			Teneur en eau (% MS)	Teneur en protéines (% MS)	Teneur en glucides totaux (% MS)	Teneur en lipides (% MS)
<b>Normes</b>			< 8	12 ≤ T ≤ 22	≥ 60	> 7,5
N° Ech	Date d'analyse	Provenance				
E1	30/09/02	Misola Kati	4,8	14,99	69,93	7,6
E2	30/09/02	Misola Kati	5,4	15,02	69,5	7,7
E3	30/09/02	Misola-Sévaré	0,8	16,96	62,37	14
E4	30/09/02	Misola-Sévaré	1,3	16,66	60,96	13,8
E5	30/09/02	Misola Bandiagara	0,7	16,91	60,46	7,5
E6	30/09/02	Misola Bandiagara	0,6	16,19	60,52	12,4
E7	30/09/02	Misola Baco-Djicoroni	4,3	15,36	60,49	13,2
E8	30/09/02	Misola Baco-Djicoroni	4,5	15,5	60,79	13,4
E9	13/01/03	Misola-Sévare	2	12,14	62	12,653
E10	13/01/03	Misola-Sévare	1,6	11,73	61,83	12,398
E11	13/01/03	Misola Bandiagara	2	8,98	60,97	12,448
E12	13/01/03	Misola Bandiagara	2	9,23	60,96	12,04
E13	13/01/03	Misola Kati	3,2	12,29	63,34	12,19
E14	13/01/03	Misola Kati	3,2	13,29	62,85	12,603
E15	13/01/03	Misola Baco-Djicoroni	5,2	14,76	60,58	13,713
E16	13/01/03	Misola Baco-Djicoroni	5,2	14,05	60,71	13,53
E17	12/02/03	Misola-Sévare	2,3	11,13	74,47	10,44
E18	12/02/03	Misola-Sévare	2,2	11,12	75,62	10,42
E19	10/02/03	Misola Baco-Djicoroni	5,5	13,61	69,52	12,62
E20	10/02/03	Misola Baco-Djicoroni	5,5	13,66	62,41	12,62
E21	05/02/03	Misola Kati	7,8	11,11	59,26	11,27
E22	05/02/03	Misola Kati	8	12	66,41	11,3
E23	12/02/03	Misola-Bandiagara	2,5	12,59	63,79	12,71
E24	12/02/03	Misola-Bandiagara	5,2	12,89	66,66	12,44

E= Échantillon MS= Matière sèche T= Teneur

Les teneurs en eau dans la population d'échantillons de MISOLA varient entre un minimum de **0,6%** et un maximum de **8%**; la norme recommande des teneurs  $< 8$  .Tous les échantillons de MISOLA répondent à ce critère.

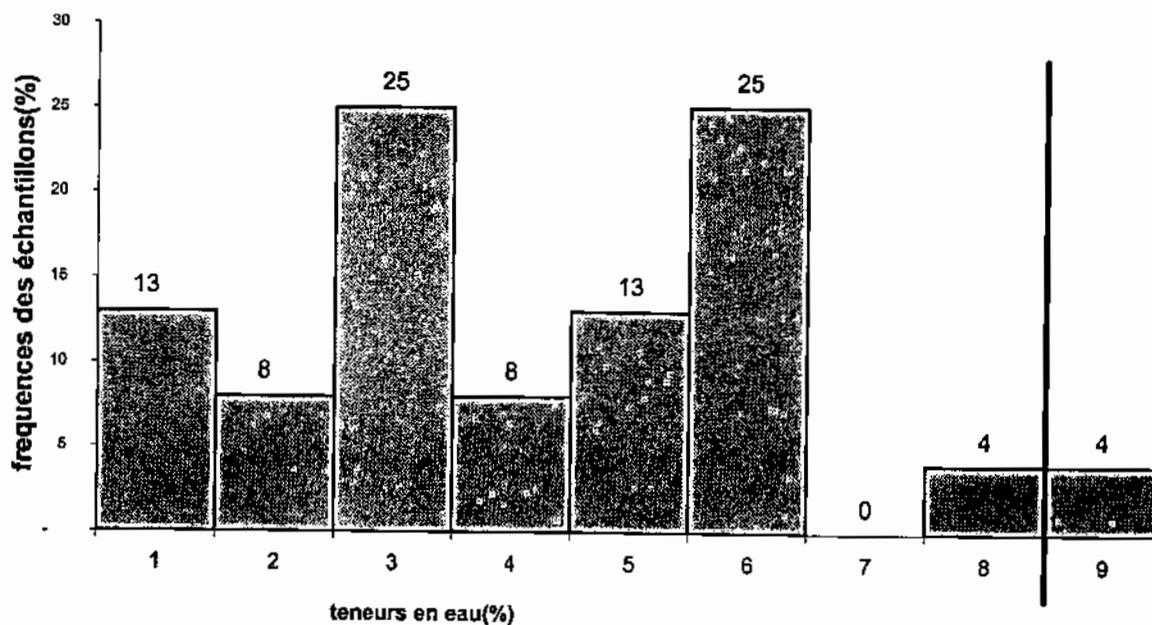
Les teneurs en protéines varient entre un minimum de **8,98%** et un maximum de **16,96%**. Les normes recommandent des teneurs comprises entre 12 et 22%, tous les échantillons ne répondent pas à ces critères.

Les teneurs en glucides varient entre un minimum de **59,26%** et un maximum de **75,62%**.La norme recommande des teneurs  $\geq 60\%$ , tous les échantillons ne répondent pas à cette norme.

Les teneurs en lipides varient entre un minimum de **7,5%** et un maximum de **13,8%**. La norme recommande des teneurs  $> 8$ , ici aussi tous les échantillons ne répondent pas à cette norme ;

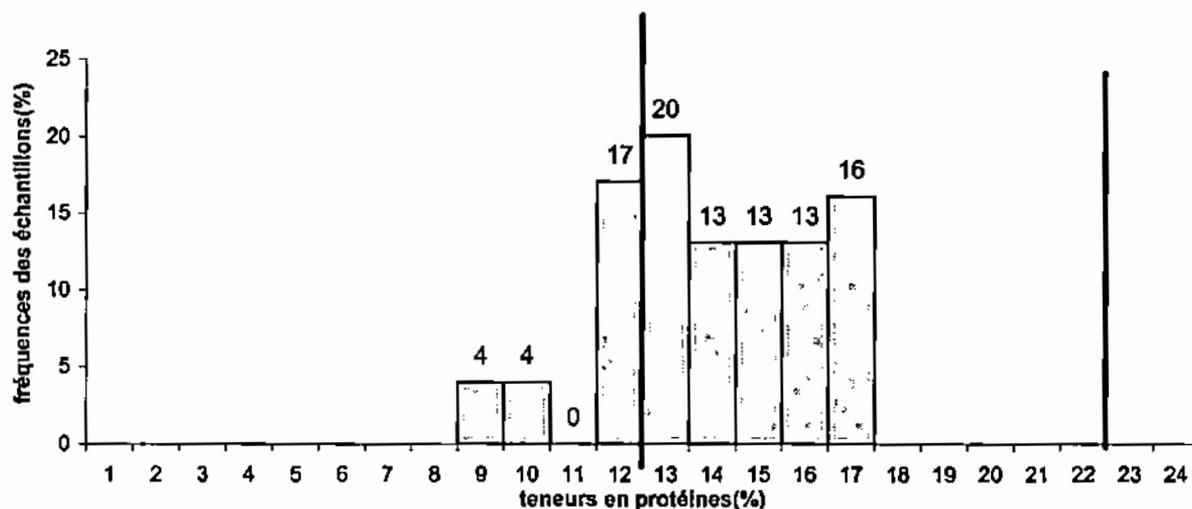
#### IV.1.1 Diagrammes de fréquences des échantillons par paramètre physico-chimique analysé pour la farine MISOLA

Graphique 1: Distribution des échantillons de MISOLA en fonction des teneurs en eau



La droite  $X = 8$  représente la borne inférieure de la norme ( $\leq 8$ )  
Le graphique 1 montre que 4% des échantillons de farines MISOLA ne répondent pas à la norme.

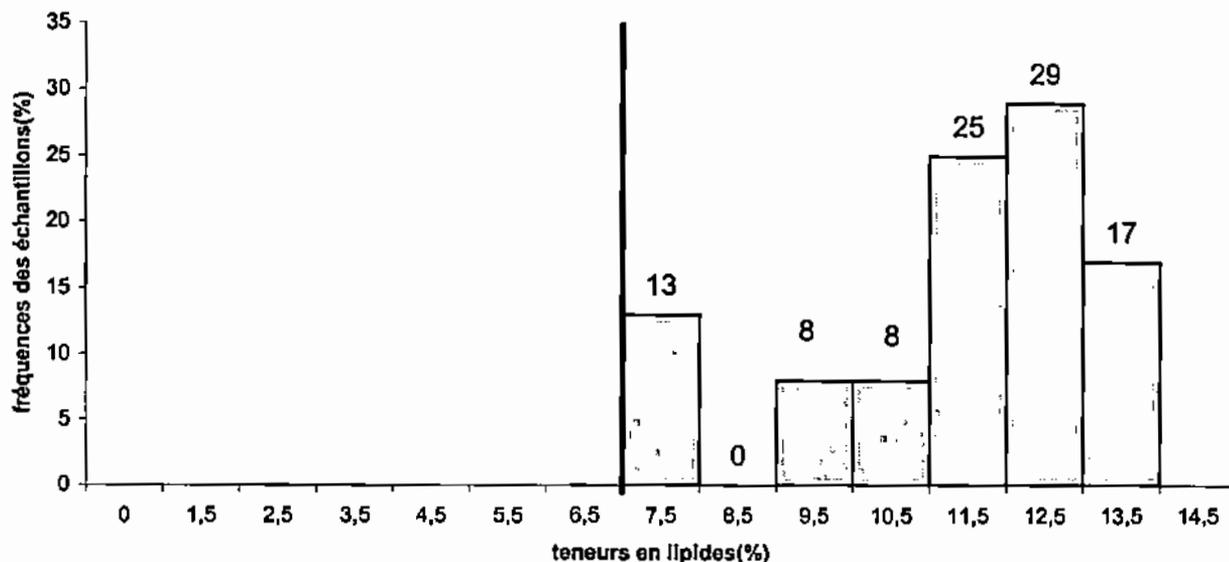
**Graphique 2 : Distribution des échantillons de MISOLA en fonction des teneurs en protéines**



Les droites  $X= 12$  et  $X= 22$  représentent respectivement les bornes inférieures et supérieures des normes ( $\geq 12$  et  $\leq 22$ ).

Le graphique 2 montre que 25% des échantillons de farines MISOLA sont non conformes aux normes.

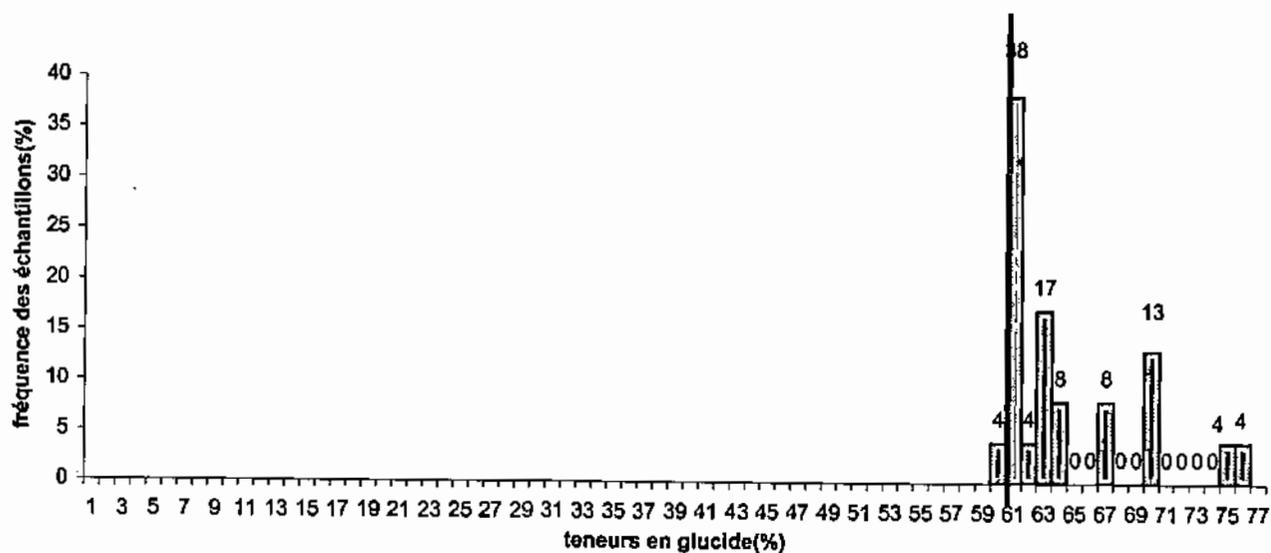
**Graphique 3 : Distribution des échantillons de MISOLA en fonction des teneurs en lipides**



La droite  $X= 7,5$  représente la borne inférieure de la norme ( $>7.5$ ).

Le graphique 3 fait ressortir qu'aucun échantillon de farine MISOLA n'a de teneurs en lipides non conformes à la norme.

**Graphique 4 : Distribution des échantillons de MISOLA en fonction des teneurs en glucides**



La droite  $X=60$  représente la borne inférieure de la norme ( $\geq 60$ )

Le graphique 4 fait ressortir que **4%** des échantillons de farine MISOLA ont des teneurs en glucides non conformes à la norme contre **96%** conformes.

**38%** de ces échantillons ont des teneurs en glucides comprises entre **60%** et **61%** (mode de la distribution).

**Tableau IX : Teneurs physico-chimiques des farines infantiles SINBA**

			Paramètres Physico-chimiques			
			Teneur en eau (% MS)	Teneur en protéines (% MS)	Teneur en glucides totaux (% MS)	Teneur en lipides (% MS)
Normes			< 8	$12 \leq T \leq 22$	$\geq 60$	> 7,5
N°Ech	Date d'analyse	Provenance				
E1	30/09/02	Ucodal	3	10,75	66,73	2,4
E2	30/09/02	Ucodal	3,3	11,18	66,85	2,6
E3	30/09/02	Ucodal	2,9	10,18	79,08	2,8
E4	30/09/02	Ucodal	3,3	10,46	80,12	3
E5	30/09/02	Ucodal	3,1	10,08	79,12	2,2
E6	30/09/02	Ucodal	3,3	10,2	77,95	2,2
E7	13/01/03	Ucodal	4	8,75	78,62	2,916
E8	13/01/03	Ucodal	4	8,38	78,07	3,125
E9	13/01/03	Ucodal	3	7,93	70,4	3,092
E10	13/01/03	Ucodal	3,2	7,95	72,2	3,305
E11	13/01/03	Ucodal	3,4	8,33	70,69	2,277
E12	13/01/03	Ucodal	3	7,57	69,35	2,886
E13	22/01/03	Ucodal	2,4	7,36	63,71	5,12
E14	22/01/03	Ucodal	2,8	7,56	59,29	5,34
E15	22/01/03	Ucodal	2,6	7,56	58,87	5,54
E16	22/01/03	Ucodal	2,4	12,2	63,71	8,5
E17	22/01/03	Ucodal	2,8	12,2	62,3	8,3
E18	22/01/03	Ucodal	2,6	12,3	63,6	8,5
E19	10/02/03	Ucodal	3,7	9,77	67,83	9,96
E20	10/02/03	Ucodal	3,5	10,08	61,73	9,96
E21	10/02/03	Ucodal	3,7	9,17	68,4	15,57
E22	10/02/03	Ucodal	3,6	9,94	67,25	10,58
E23	10/02/03	Ucodal	4,1	10	60,64	7,71
E24	10/02/03	Ucodal	4	9,98	63,07	4,16

E= Échantillon MS= Matière sèche T= Teneur

Les teneurs en eau dans la population d'échantillons de SINBA varient entre un minimum de **2,4%** et un maximum de **4,1%**. Nous remarquons que les teneurs en eau ne sont pas très dispersées et répondent tous à la norme FAO/OMS.

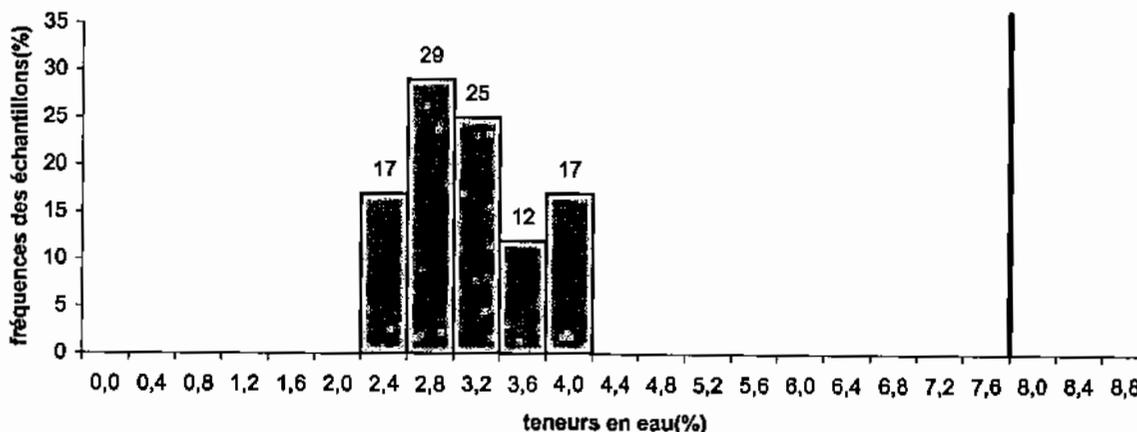
Les teneurs en protéines varient entre un minimum de **7,36%** et un maximum de **12,3%**. Comparativement aux normes recommandées, certains de ces échantillons ne sont pas conformes.

Les teneurs en glucides varient entre un minimum de **58,87%** et un maximum de **80,12%**. Tous les échantillons ne répondent à la norme recommandée pour les glucides.

Les teneurs en lipides varient entre un minimum de **2,2%** et un maximum de **15,57%**. Les teneurs en lipides sont très dispersées ceci dû à un changement de formulation par le producteur pour ajuster les teneurs en lipides. Ici, nous remarquons que certains échantillons ont des teneurs en lipides très basses par rapport à la recommandation du codex alimentarius.

#### IV.1.2 Diagrammes de fréquences des échantillons par paramètre physico-chimique analysé pour la farine SINBA

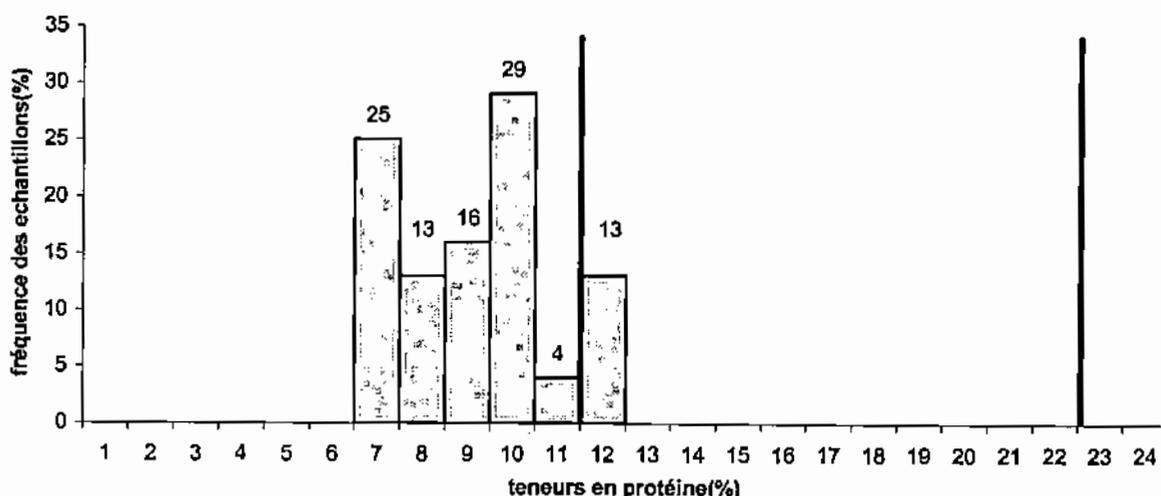
**Graphique 5 : Distribution des échantillons de SINBA en fonction des teneurs en eau**



La droite  $X= 8$  représente la borne inférieure de la norme ( $<8$ )

Le graphique 5 montre que tous les échantillons de SINBA analysés ont des teneurs en eau conformes à la norme.

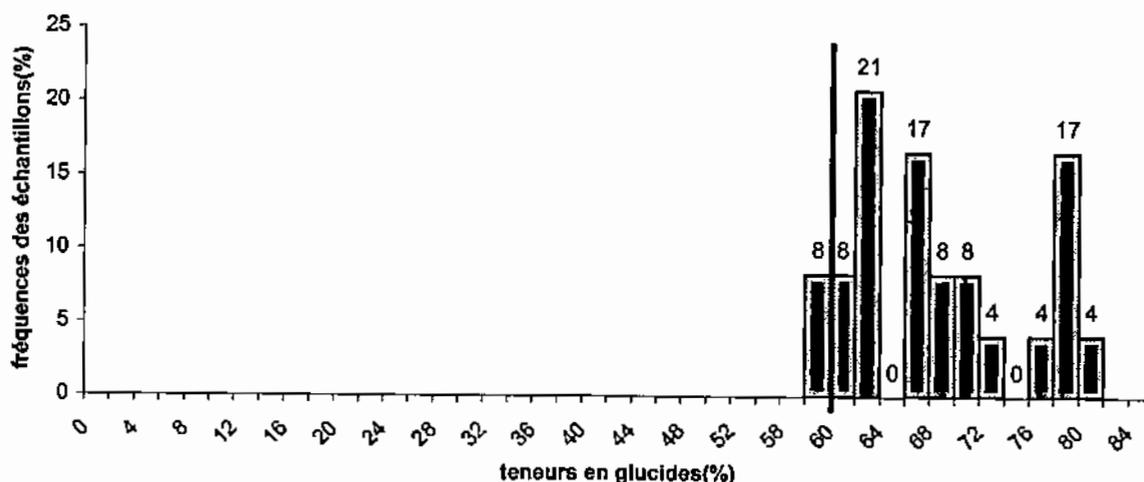
**Graphique 6 : Distribution des échantillons de SINBA en fonction des teneurs en protéines**



Les droites  $X= 12$  et  $X= 22$  représentent respectivement les bornes inférieures et supérieures des normes ( $\geq 12$  et  $\leq 22$ ).

Seulement **13%** des échantillons de SINBA ont des teneurs en protéines conformes aux normes contre **87%** qui sont non conformes.

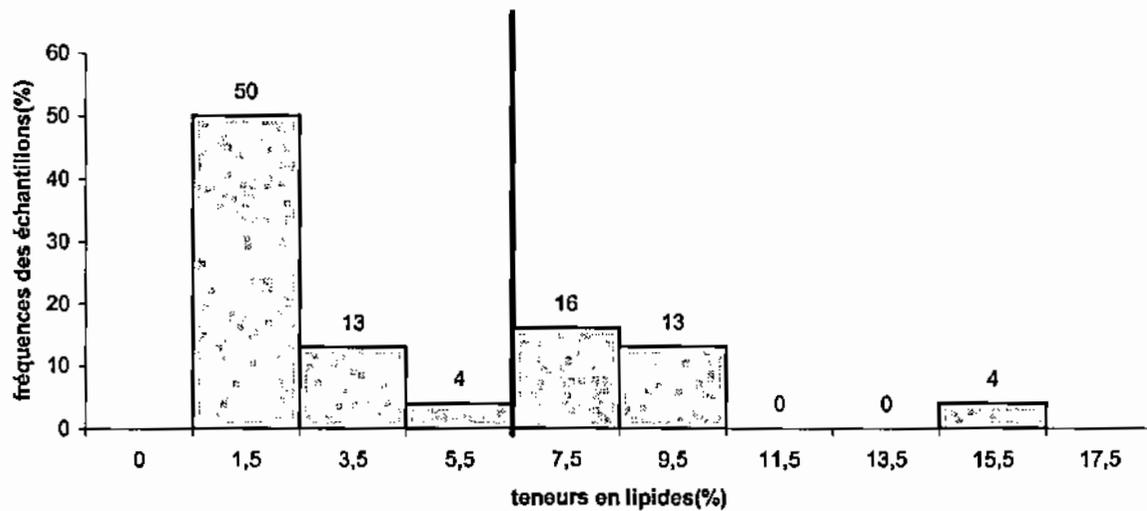
**Graphique 7 : Distribution des échantillons de SINBA en fonction des teneurs en glucides**



La droite  $X= 60$  représente la norme ( $\geq 60$ ).

**8%** des échantillons de SINBA ont des teneurs en glucides non conformes à la norme contre **92%** qui le sont.

**Graphique 8: Distribution des échantillons de SINBA en fonction des teneurs en lipides**



La droite  $X= 7,5$  représente la norme ( $>7,5$ )

**67%** des échantillons de farine SINBA sont non conformes à la norme contre **33%** qui le sont.

### **Pourcentage d'échantillons non conforme par paramètre physico-chimique**

56% de la totalité des échantillons de farine analysés sont non conformes aux teneurs en protéines recommandées par l'OMS dont 88% de la totalité des SINBA et 25% de la totalité des MISOLA.

6% de la totalité des échantillons de farine analysés sont non conformes à la teneur en glucides recommandées par l'OMS dont 8% de la totalité des SINBA et 4% de la totalité des MISOLA.

33% de la totalité des échantillons de farine analysés sont non conformes à la teneur en lipides recommandée par l'OMS dont 67% de la totalité des SINBA et 0% de la totalité des MISOLA.

2% de la totalité des échantillons de farine analysés ont des teneurs en eau élevées par rapport à la recommandation de l'OMS dont 0% de la totalité des SINBA et 4% de la totalité des MISOLA.

Les teneurs en protéines et lipides sont les paramètres qui posent le plus de problème de non-conformité. Nous en énuméreront les causes possibles un peu plus loin.

## IV.2 Analyses microbiologiques

Tableau X : Paramètres microbiologiques des farines infantiles MISOLA

			Paramètres Microbiologiques				Salmonelles (/25g)
			Germes aérobies mésophiles (/g)	Coliformes fécaux (/g)	Levures (/g)	Moisissures (/g)	
<b>Normes</b>			<10 <sup>5</sup>	<10	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>	<1
N°Ech	Date d'analyse	Provenance					
E1	30/09/02	Misola Kati	420	0	0	0	0
E2	30/09/02	Misola Kati	370	0	0	0	0
E3	30/09/02	Misola-Sévare	10	0	0	0	0
E4	30/09/02	Misola-Sévare	10	0	0	0	0
E5	30/09/02	Misola Bandiagara	110	0	0	0	0
E6	30/09/02	Misola Bandiagara	100	0	0	0	0
E7	30/09/02	Misola Baco-Djicoroni	150	0	150	0	0
E8	30/09/02	Misola Baco-Djicoroni	200	0	100	0	0
E9	13/01/03	Misola-Sévare	200	0	0	0	0
E10	13/01/03	Misola-Sévare	170	0	0	0	0
E11	13/01/03	Misola Bandiagara	200	0	0	0	0
E12	13/01/03	Misola Bandiagara	195	0	0	0	0
E13	13/01/03	Misola Kati	105	0	10	0	0
E14	13/01/03	Misola Kati	90	0	6	0	0
E15	13/01/03	Misola Baco-Djicoroni	70	0	0	0	0
E16	13/01/03	Misola Baco-Djicoroni	60	0	0	0	0
E17	12/02/03	Misola-Sévare	220	1	70	0	0
E18	12/02/03	Misola-Sévare	86	0	64	0	0
E19	10/02/03	Misola Baco-Djicoroni	70	0	3	0	0

**Tableau VIII (suite) : Paramètres microbiologiques des farines infantiles MISOLA**

			Paramètres Microbiologiques				
			Germes aérobies mésophiles (/g)	Coliformes fécaux (/g)	Levures (/g)	Moisissures (/g)	Salmonelles (/25g)
Normes			<10 <sup>5</sup>	<10	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>	<1
N°Ech	Date d'analyse	Provenance					
E20	10/02/03	Misola Baco- Djicoroni	60	0	2	0	0
E21	05/02/03	Misola Kati	230	0	43	0	0
E22	05/02/03	Misola Kati	200	0	40	0	0
E23	12/02/03	Misola- Bandiagara	100	0	0	0	0
E24	12/02/03	Misola- Bandiagara	200	0	0	0	0

Nous remarquons ici l'absence de Salmonelles, de coliformes et de moisissures dans les échantillons de farines MISOLA.

Cependant, la présence de levures dans quelques échantillons et la présence de germes totaux dans tous les échantillons mais dont le nombre n'atteint pas le seuil recommandé par l'OMS.

Pour les germes totaux, le nombre varie entre 10 et 420 germes/g comparativement aux normes qui recommandent des effectifs en germes <10<sup>5</sup>

Les coliformes observés varient entre 0 et 1 et les teneurs recommandent des nombres <10/g.

Il y a absence de moisissures et de Salmonelles dans les farines MISOLA.

Les levures varient entre 0 et 150 germes/g

**Tableau LXI : Paramètres microbiologiques des farines infantiles SINBA**

			Paramètres Microbiologiques				
			Germes aérobies mésophiles (/g)	Colliformes fécaux (/g)	Levures (/g)	Moisissures (/g)	Salmonelles (/25g)
Normes			<10 <sup>5</sup>	<10	<10 <sup>3</sup>	<10 <sup>3</sup>	<1
N°Éch	Date d'analyse	Provenance					
E1	30/09/02	Ucodal	200	0	10	0	0
E2	30/09/02	Ucodal	170	0	5	0	0
E3	30/09/02	Ucodal	20	0	7	0	0
E4	30/09/02	Ucodal	50	0	10	0	0
E5	30/09/02	Ucodal	30	0	5	0	0
E6	30/09/02	Ucodal	40	0	10	0	0
E7	13/01/03	Ucodal	160	0	0	0	0
E8	13/01/03	Ucodal	150	0	0	0	0
E9	13/01/03	Ucodal	152	0	3	0	0
E10	13/01/03	Ucodal	160	0	5	0	0
E11	13/01/03	Ucodal	80	0	0	0	0
E12	13/01/03	Ucodal	100	0	0	0	0
E13	22/01/03	Ucodal	-	-	-	-	-
E14	22/01/03	Ucodal	-	-	-	-	-
E15	22/01/03	Ucodal	-	-	-	-	-
E16	22/01/03	Ucodal	-	-	-	-	-
E17	22/01/03	Ucodal	-	-	-	-	-
E18	22/01/03	Ucodal	-	-	-	-	-
E19	10/02/03	Ucodal	100	0	0	0	0
E20	10/02/03	Ucodal	120	0	0	0	0
E21	10/02/03	Ucodal	150	0	0	0	0
E22	10/02/03	Ucodal	60	0	0	0	0
E23	10/02/03	Ucodal	110	0	0	0	0
E24	10/02/03	Ucodal	80	0	0	0	0

(-) : non déterminé

Ici, il y a absence de Salmonelles, de coliformes et de moisissures.

Cependant, nous avons remarquons la présence de levures (entre 0 et 10 germes/g) dans quelques échantillons et la présence de germes totaux dans tous les échantillons (entre 20 et 200 germes) mais le nombre n'atteint pas le seuil recommandé par l'OMS qui est <10<sup>3</sup> /g pour les levures et <10<sup>5</sup> /g pour les germes aérobies mésophiles.

### IV.3. Contrôle de Stabilité

#### SINBA

Après conservation des farines 43°C et à forte humidité pendant 8 mois, nous avons obtenu les résultats répertoriés dans les tableaux XII, XIII, XIV et XV.

**Tableau XII : Évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours de la conservation des farines infantiles SINBA**

paramètres	normes	septembre	décembre	février	Mai
Germes aérobies mésophiles/g	$<10^5$	85	1660	964	267
Coliformes/ <i>E.coli</i> /g	$<10$	0	0	0	0
Levures /g	$<10^3$	8	21	21	21
Salmonelles/25g	$<1$	0	0	0	0
Moisissures/g	$<10^3$	-	+	+	+
Teneur en eau (%)	$<8$	3.15	3.73	3.73	4.07
Teneur en glucides (%)	$>60$	74.97	74,5	74	74
Teneur en protéines (%)	$12 < T < 22$	10.48	10	9,47	9.47
Teneur en lipides (%)	$>7.5$	2.53	2.51	2.46	2.46

(-) : Absence (+) : présence

Les graphiques 9, 10, 11 et 12 montrent l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines SINBA au cours de la conservation.

Nous remarquons ici l'augmentation du nombre de germes aérobies mésophiles au cours de la conservation au mois de Mai par rapport à la farine fraîche (en dehors de toute conservation) avec un pic de croissance en décembre. Le nombre de germes aérobies mésophiles n'atteint pas la norme recommandée par le codex alimentarius ( $<10^5$  /g)

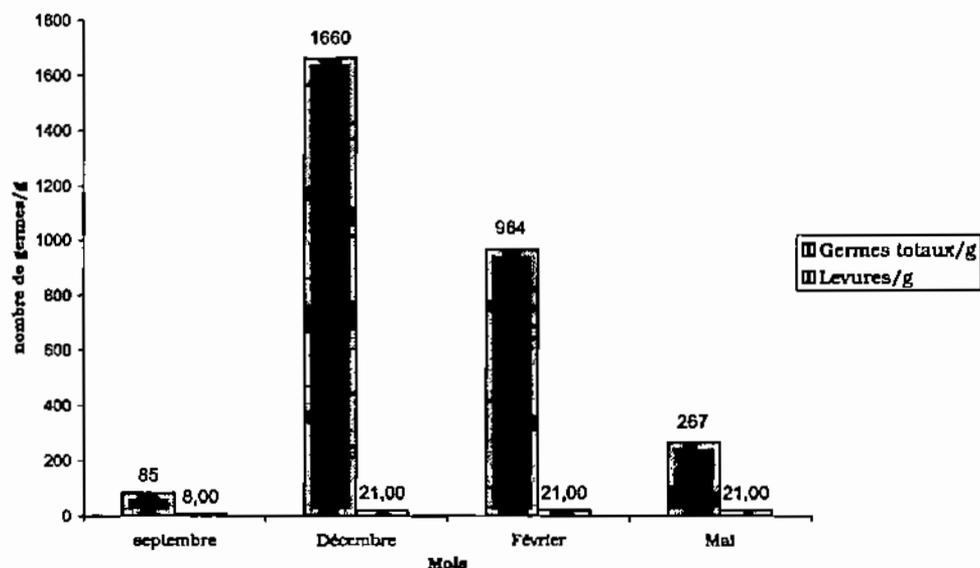
Les levures ont subi une croissance mais n'atteignent pas les normes recommandées ( $<10^3$ /g).

Il y a diminution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation (teneurs en protéines, lipides et glucides).

Il y a diminution en dessous de la norme pour les teneurs en protéines et

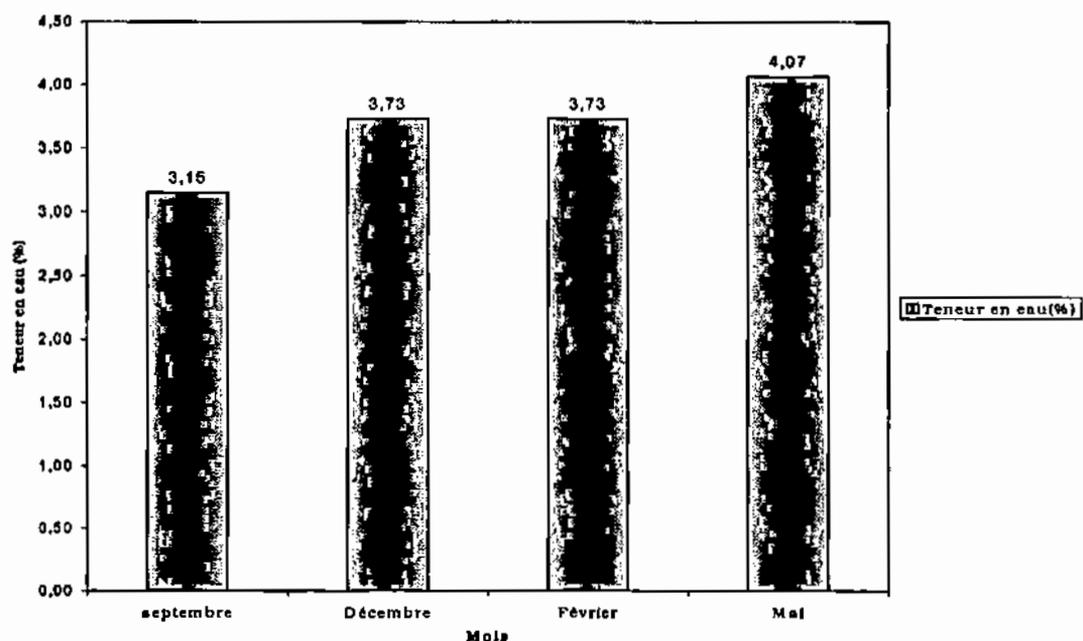
La teneur en eau augmente mais n'atteint pas la norme.

**Graphique 9 : Evolution des germes aérobies mésophiles et des levures**

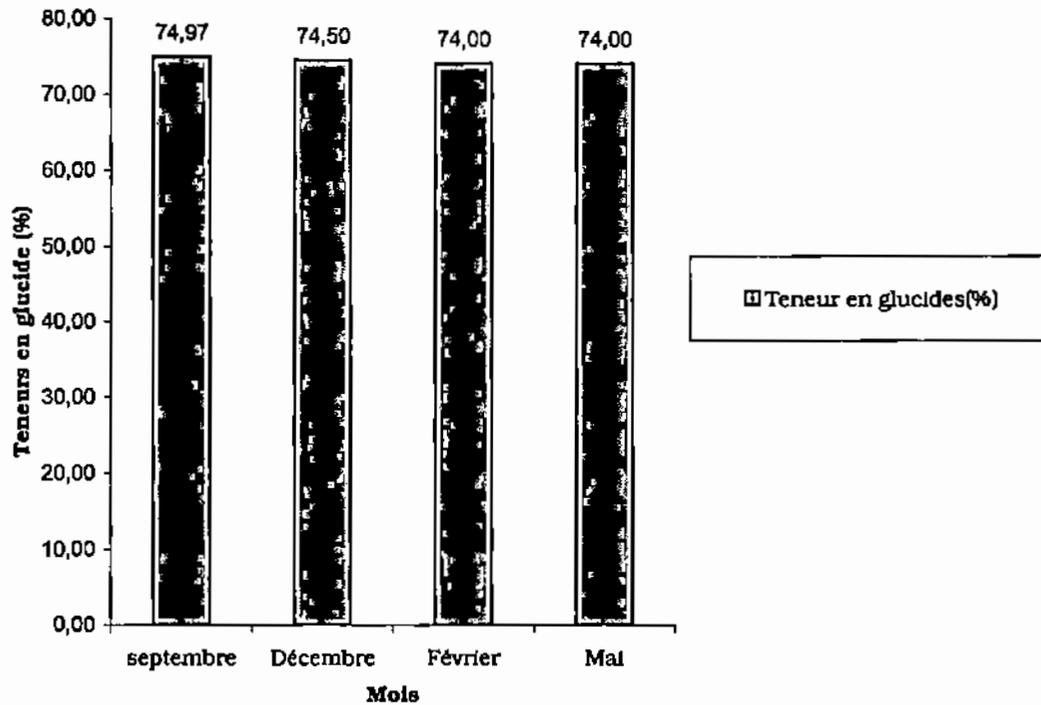


Nous remarquons un pic de croissance en Décembre et une diminution de la croissance en février et mai pour les Germes aérobies mésophiles (GAM), les levures ne subissent pas de croissance significative. Les échantillons restent conformes aux normes.

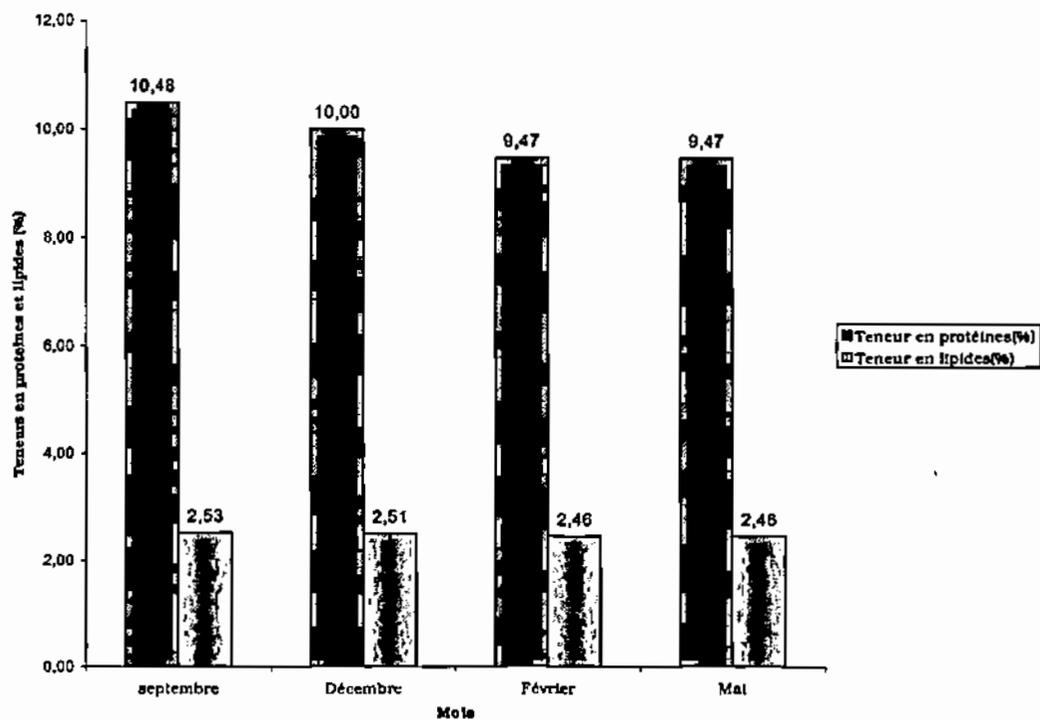
**Graphique 10 : Évolution de la teneur en eau**



Nous remarquons une augmentation de la teneur en eau dans la farine SINBA au cours de la conservation. Les échantillons restent conformes à la

**Graphique 11 : Évolution de la teneur en glucides**

La teneur en glucides subie une diminution au cours de la conservation et reste conforme à la norme.

**Graphique 12 : Évolution des teneurs en protéines et lipides**

Au cours de la conservation, les teneurs en protéines et lipides ont aussi accusé d'une diminution et sont non-conformes aux normes.

**Tableau XIII : Évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques au cours de la conservation des farines MISOLA provenant de Kati**

paramètres	normes	septembre	décembre	février	mai
GAM/g	<10 <sup>5</sup>	395	1900	1224	547
Coliformes/ <i>E.coli</i> /g	<10	0	0	0	0
Levures /g	<10 <sup>3</sup>	0	13	13	13
Salmonelles/25g	<1	0	0	0	0
Moisissures/g	<10 <sup>3</sup>	-	+	+	+
Teneur en eau (%)	<8	5.1	6.4	6.4	6.3
Teneur en glucides (%)	≥60	69.72	68	67.97	67.90
Teneur en protéines (%)	12 ≤ T ≤ 22	15.01	15	15	15
Teneur en lipides (%)	>7.5	7.65	7	7	7

(-) : Absence (+) : présence

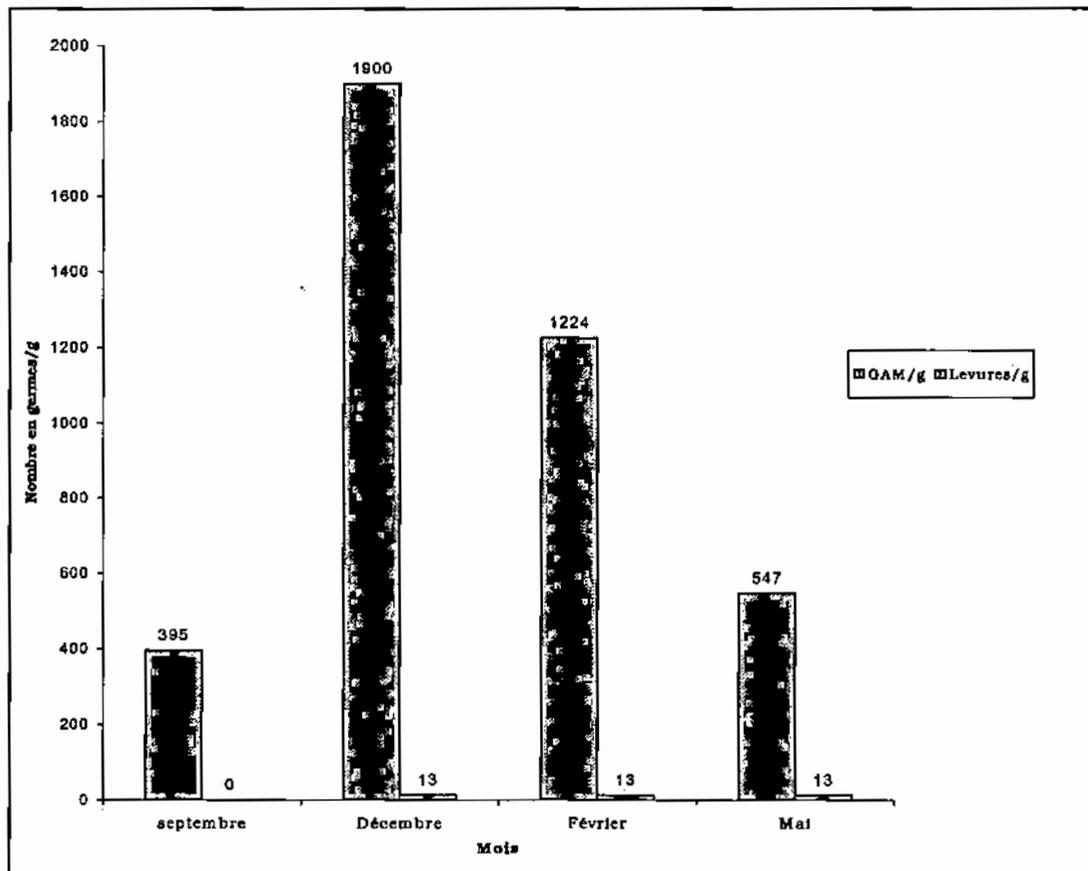
Les graphiques 13, 14, 15 et 16 montrent l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Kati.

Nous remarquons ici l'augmentation du nombre de germes aérobies mésophiles au cours de la conservation au mois de Mai par rapport à la farine fraîche (en dehors de toute conservation) avec un pic de croissance en décembre. Le nombre de germes aérobies mésophiles n'atteint pas la norme recommandée par le codex alimentarius (<10<sup>5</sup> /g)

Les levures ont subi une croissance mais n'atteignent pas les normes recommandées (<10<sup>3</sup>/g).

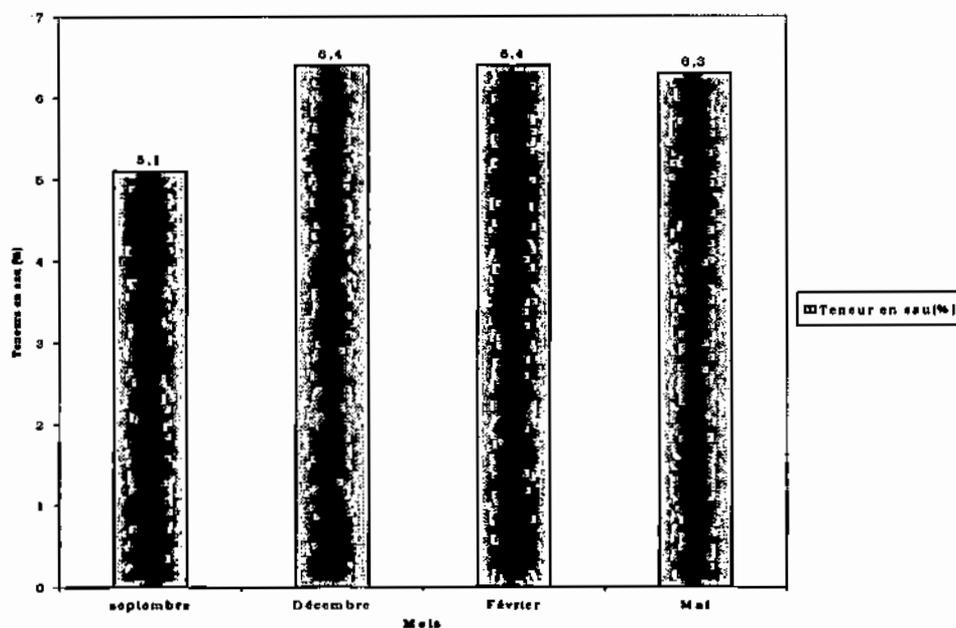
Il y a diminution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation (teneurs en protéines, lipides et glucides).

Il y a diminution en dessous de la norme des teneurs en lipides et une augmentation de la teneur en eau mais n'atteignant pas le seuil

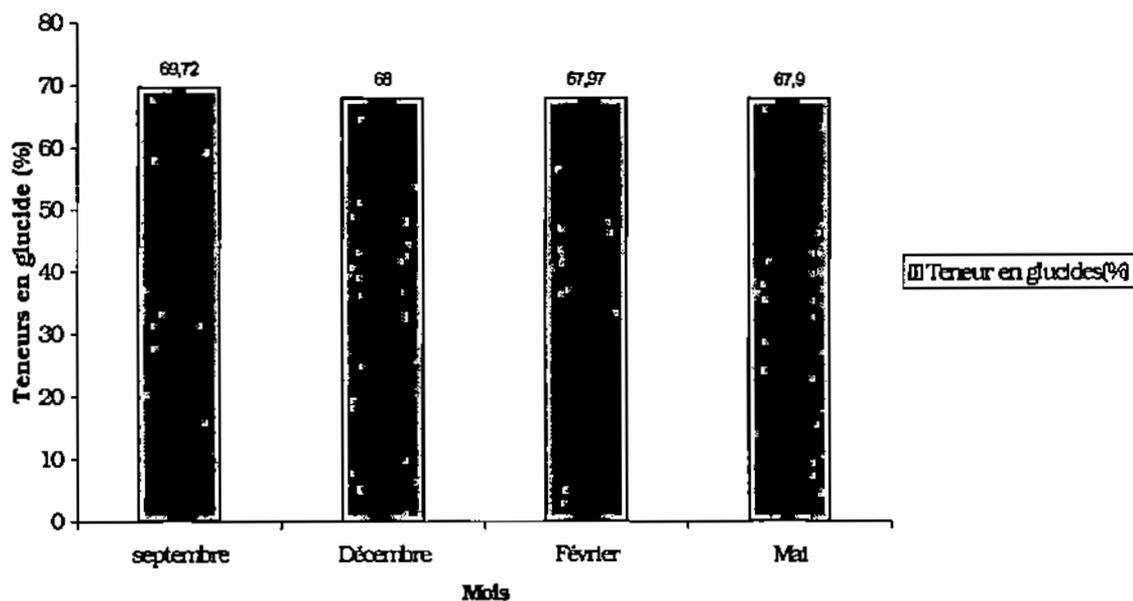
**B. MISOLA/KATI****Graphique 13 : Évolution des germes aérobies mésophiles et levures**

Le schéma d'évolution des germes aérobies mésophiles et levures est semblable à celui de la farine SINBA.

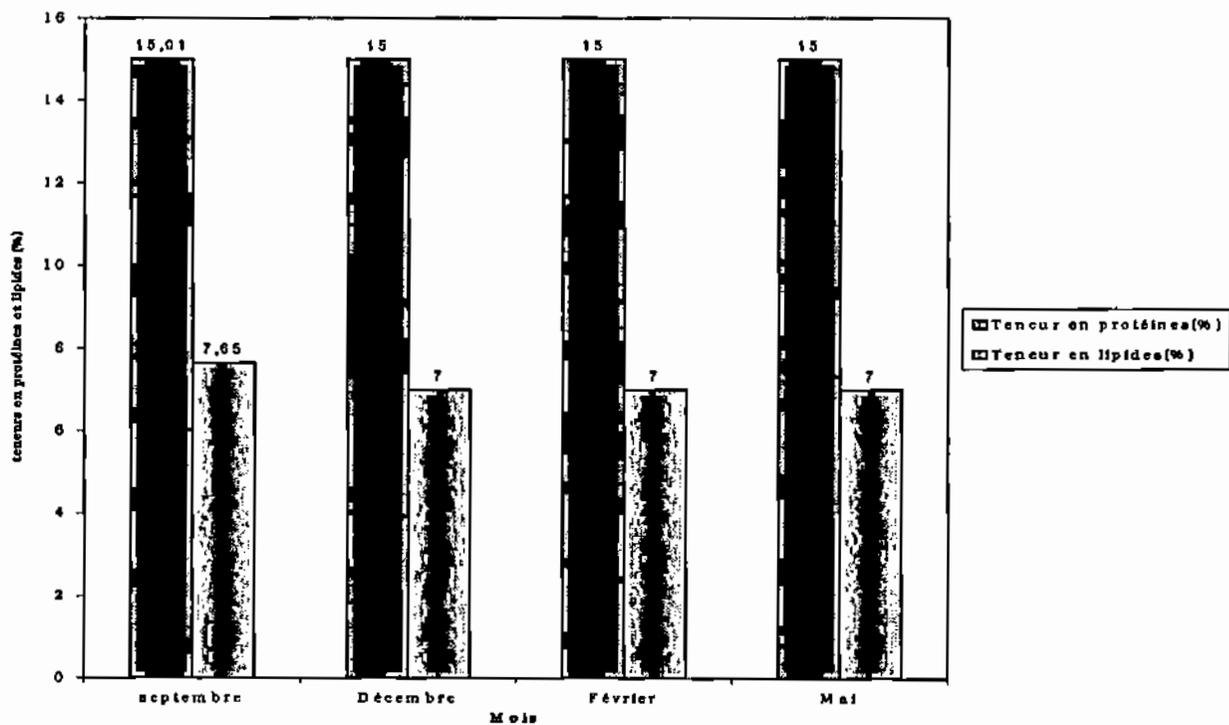
Nous remarquons ici aussi, un pic de croissance des germes aérobies mésophiles en décembre et une diminution de la croissance en février et mai, les levures ne subissent pas de croissance significative. Les échantillons restent conformes aux normes.

**Graphique 14 : Évolution de la teneur en eau**

Ici aussi nous remarquons une augmentation de la teneur en eau au cours de la conservation qui reste conforme à la norme.

**Graphique 15 : Évolution de la teneur en glucides**

La teneur en glucides diminue mais pas en dessous de la norme

**Graphique 16 : Évolution des teneurs en protéines et lipides**

Au cours de la conservation, il y a eut diminution des teneurs en protéines et lipides. Les teneurs restent conformes aux normes.

**C. MISOLA BACO-DJICORONI ACI****Tableau XIII : Évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Baco-djicoroni (ACI)**

paramètres	normes	septembre	décembre	février	mai
Germes totaux/g	<10 <sup>5</sup>	175	1750	1054	357
Coliformes/ <i>E.coli</i> /g	<10	0	0	0	0
Levures /g	<10 <sup>3</sup>	125	132	132	132
Salmonelles/25g	<1	0	0	0	0
Moisissures/g	<10 <sup>3</sup>	-	+	+	+
Teneur en eau (%)	<8	4.4	5.2	5.2	5.8
Teneur en glucides (%)	≥60	60.64	59.39	58,14	58.14
Teneur en protéines (%)	12≤T≤22	15.43	15	15	15
Teneur en lipides (%)	>7.5	13.3	13	13	13

(-) : Absence (+) : présence

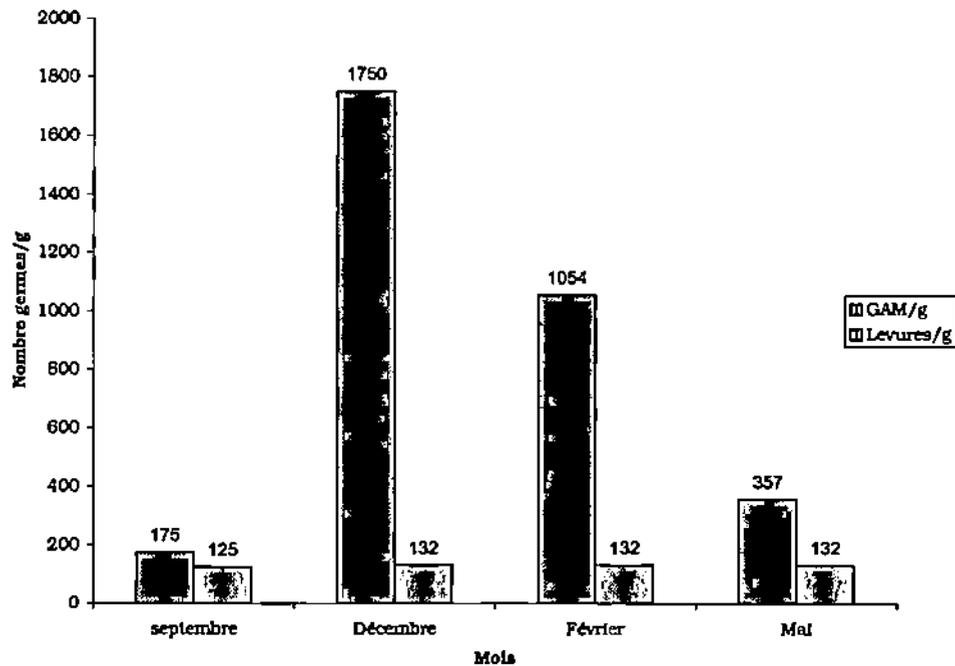
Les graphiques 17, 18, 19 et 20 montrent l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Baco-djicoroni.

Le nombre de germes aérobies mésophiles augmente au cours de la conservation au mois de Mai par rapport à la farine fraîche (en dehors de toute conservation) avec un pic de croissance en décembre. Ce nombre n'atteint pas la norme recommandée par le codex alimentarius (<10<sup>5</sup> /g)

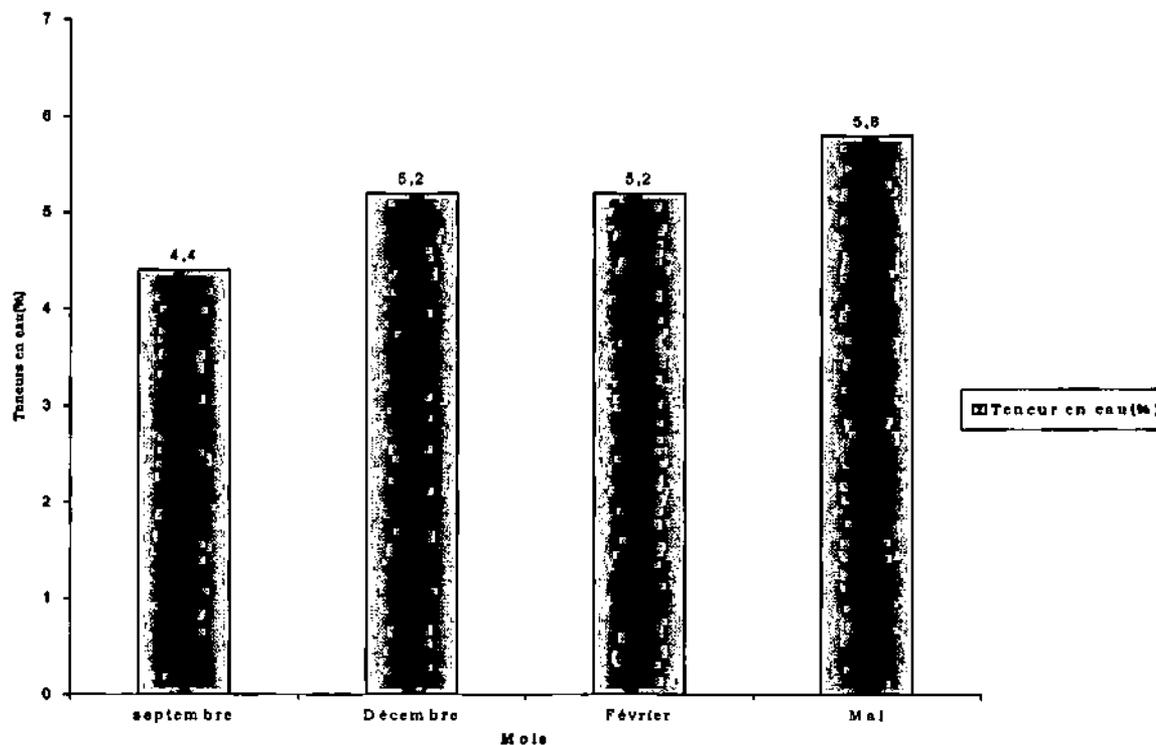
Les levures subissent une croissance mais restent conformes aux normes recommandées (<10<sup>3</sup>/g).

Il y a diminution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation (teneurs en protéines, lipides et glucides).

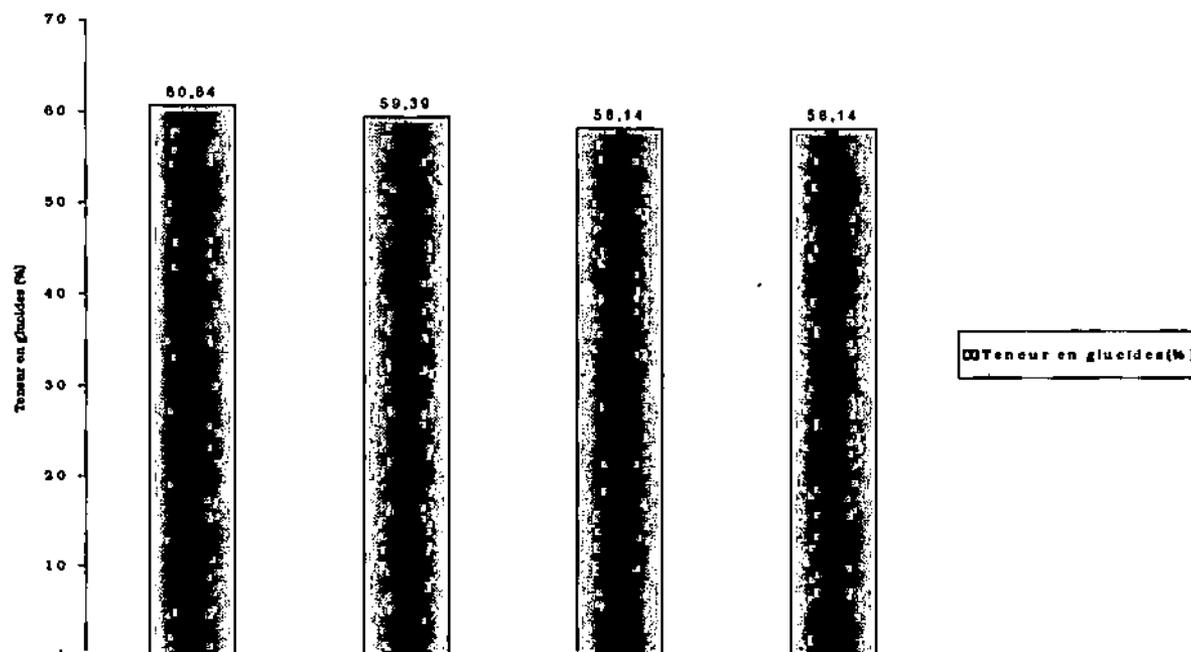
La teneur en glucides est en dessous de la norme.

**Graphique 17 : Évolution des germes aérobie mésophiles et levures**

Nous remarquons ici aussi, un pic de croissance des germes aérobie mésophiles en décembre et une diminution de la croissance en février et mai, les levures ne subissent pas de croissance significative. Les échantillons restent conformes aux normes.

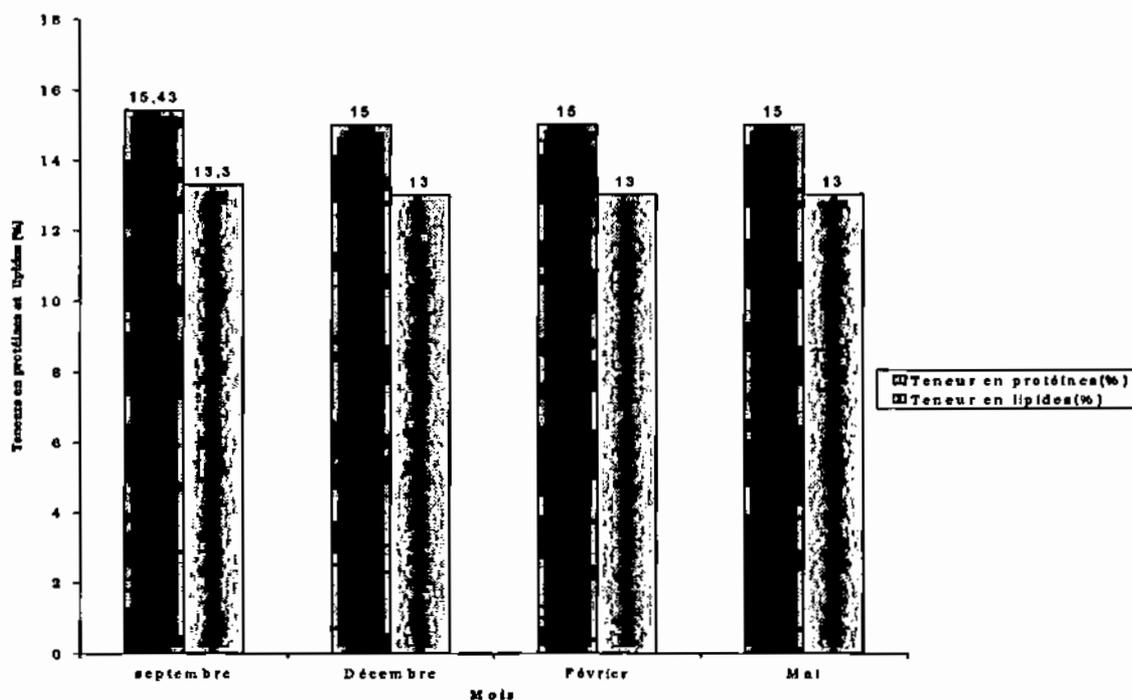
**Graphique 18 : Évolution de la teneur en eau**

Il y a augmentation de la teneur en eau mais elle reste conforme à la norme.

**Graphique 19 : Évolution de la teneur en glucides**

Nous remarquons ici que la teneur en glucides diminue en dessous de la norme au cours de la conservation.

**Graphique 20 : Évolution des teneurs en protéines et lipides**



Nous remarquons ici aussi une diminution des teneurs en protéines et lipides qui restent conformes aux normes.

#### D. MISOLA BANDIAGARA

**Tableau XIIIIV : Evolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Bandiagara**

paramètres	normes	septembre	décembre	février	mai
GAM/g	$<10^5$	105	625	376	100
Coliformes/ <i>E.coli</i> /g	$<10$	0	0	0	0
Levures/g	$<10^3$	0	7	7	7
Salmonelles/25g	$<1$	0	0	0	0
Moisissures/g	$<10^3$	-	+	+	+
Teneur en eau (%)	$<8$	0.65	1.4	1,4	1,45
Teneur en glucides (%)	$\geq 60$	60.49	60	58.61	58.60
Teneur en protéines (%)	$12 \leq T \leq 22$	16.6	16.5	16	16
Teneur en lipides (%)	$>7.5$	9.95	9	9	9

Les graphiques 21, 22, 23 et 24 montrent l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Bandiagara.

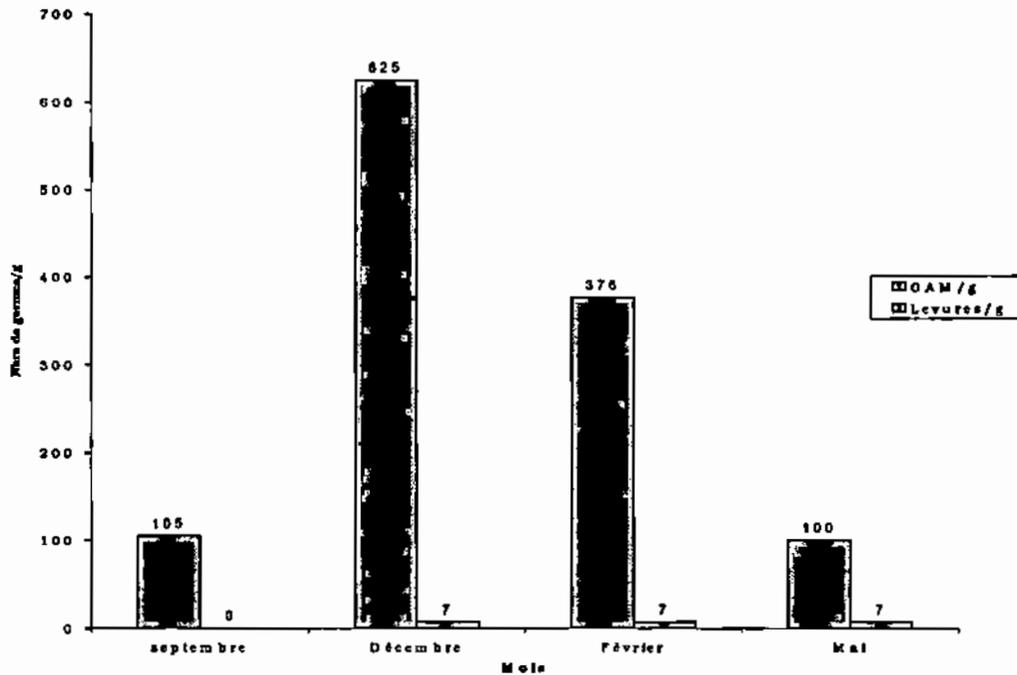
Le nombre de germes aérobies mésophiles augmente au cours de la conservation (mois de Mai) par rapport à la farine fraîche (en dehors de toute conservation) avec un pic de croissance en décembre. Ce nombre n'atteint pas la norme recommandée par le codex alimentarius ( $<10^5$  /g)

Les levures subissent une croissance mais n'atteignent pas les normes recommandées ( $<10^3$  /g).

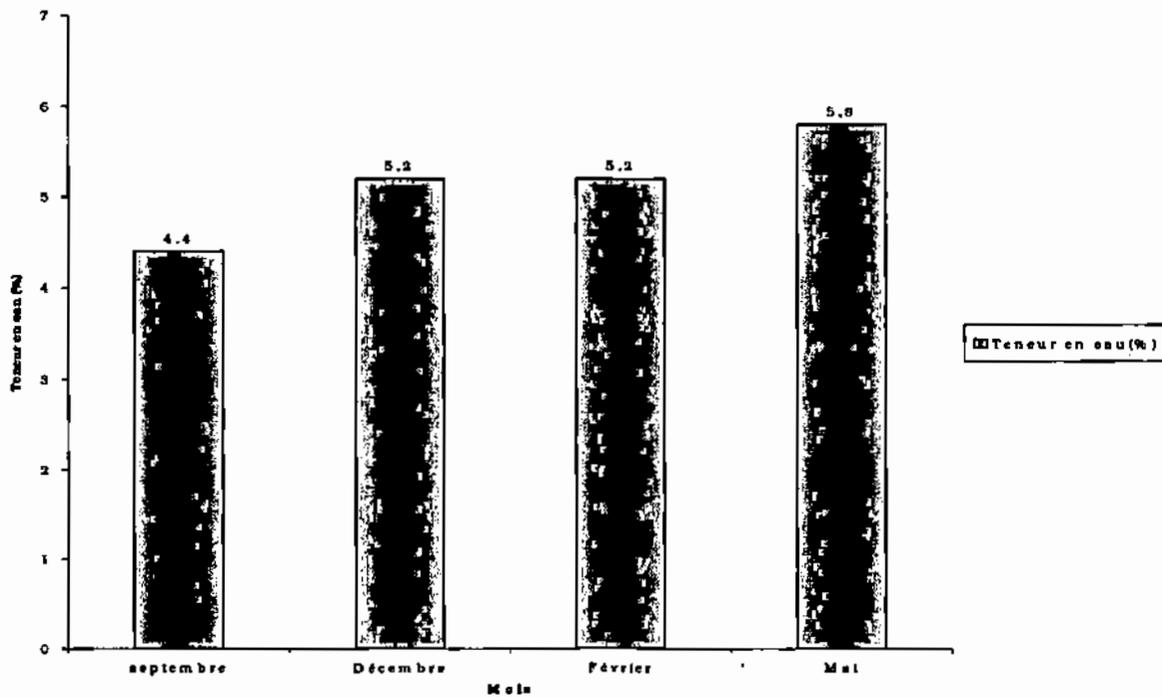
Il y a diminution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation (teneurs en protéines, lipides et glucides).

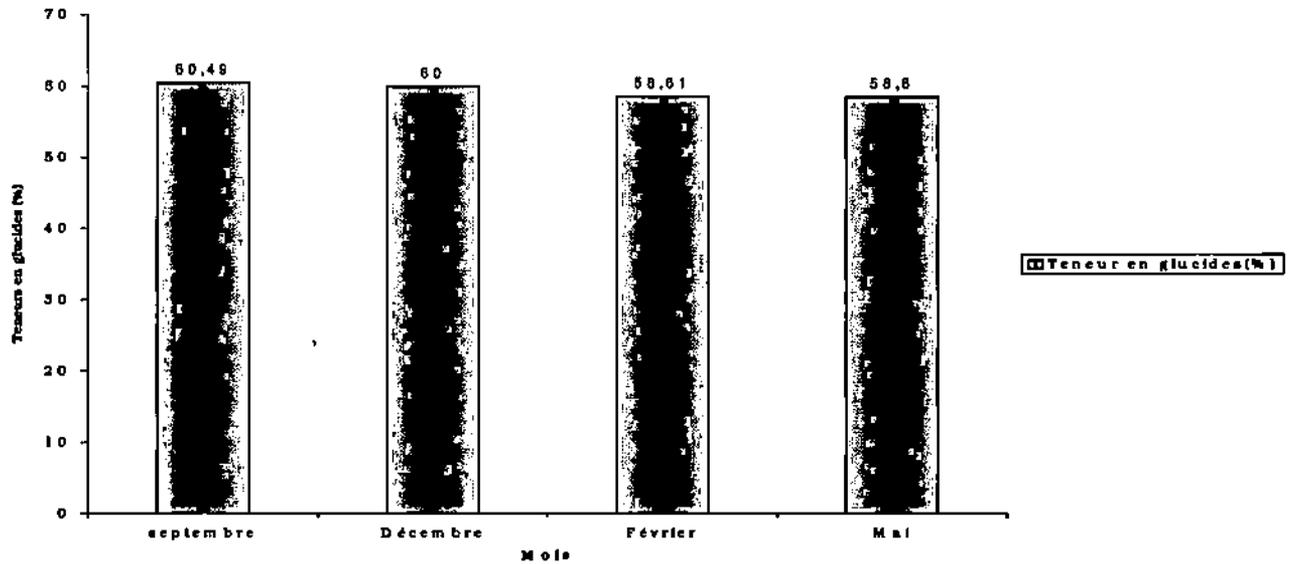
Les teneurs en glucides et lipides diminuent en dessous des normes.

La teneur en eau augmente mais n'atteint pas le seuil recommandé

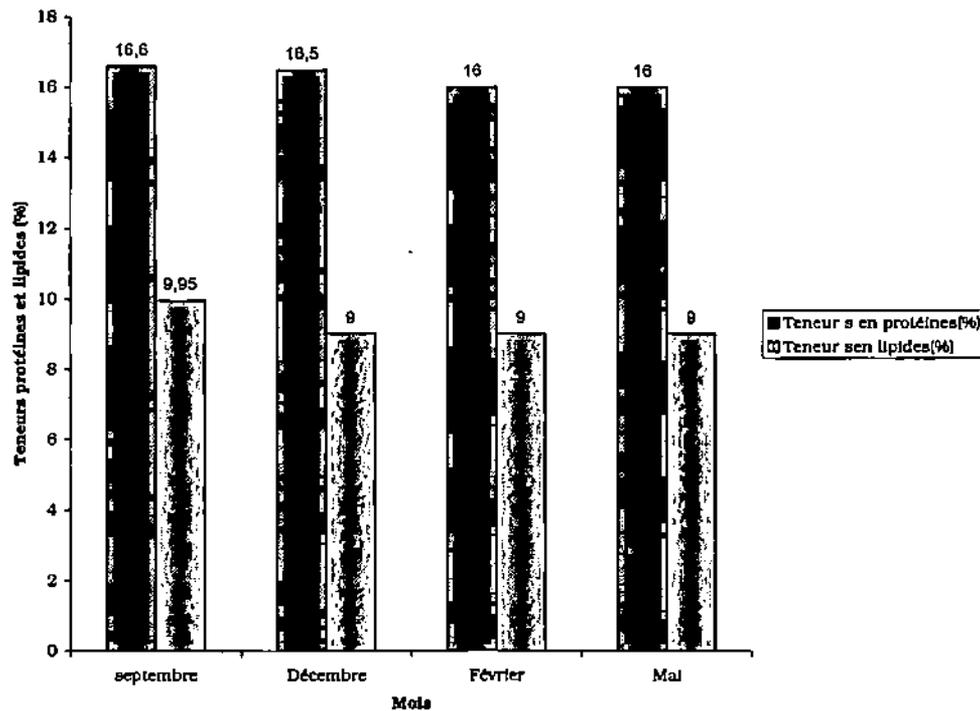
**Graphique 21 : Évolution des germes aérobies mésophiles et levures**

Pic de croissance des germes aérobies mésophiles en décembre et diminution de la croissance en février et mai. Les levures ne subissent pas de croissance significative. Les échantillons restent conformes aux normes.

**Graphique 22 : Évolution de la teneur en eau**

**Graphique 23 : Évolution de la teneur en glucides**

Au mois de février, la teneur diminue en dessous de la norme.

**Graphique 24 : Évolution des teneurs en protéines et lipides**

Les teneurs en protéines et lipides diminuent mais restent conformes aux

**E. SEVARE****Tableau XIV: Évolution des paramètres microbiologiques et physico-chimiques des farines MISOLA provenant de Sévaré**

paramètres	normes	septembre	décembre	février	mai
GAM/g	<10 <sup>5</sup>	10	557	307	57
Coliformes/ <i>E.coli</i> /g	<10	0	0	0	0
Levures /g	<10 <sup>3</sup>	0	10	10	10
Salmonelles/25g	<1	0	0	0	0
Moisissures/g	<10 <sup>3</sup>	-	+	+	+
Teneur en eau (%)	<8	1.05	2.35	2.4	2.4
Teneur en glucides (%)	≥60	61.67	60.06	60	60
Teneur en protéines (%)	12≤T≤22	16.81	16.8	16.26	16.26
Teneur en lipides (%)	>7.5	13.9	13.48	13.4	13

(-): Absence (+): présence

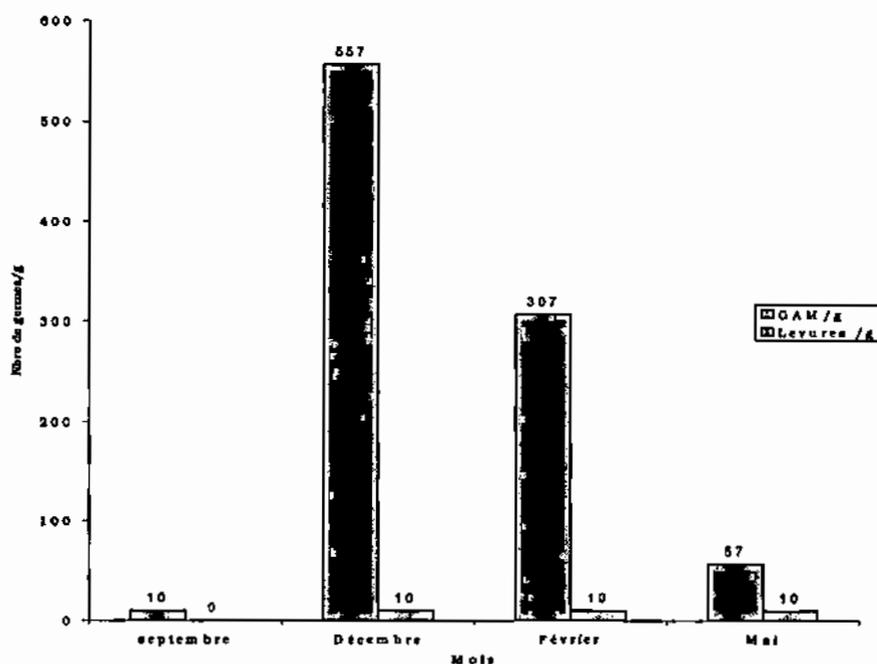
Les graphiques 25, 26, 27 et 28 montrent l'évolution des paramètres physico-chimiques et microbiologiques des farines MISOLA provenant de Sévaré.

Nous remarquons ici l'augmentation du nombre de germes aérobies mésophiles au cours de la conservation au mois de Mai par rapport à la farine fraîche (en dehors de toute conservation) avec un pic de croissance en décembre. Le nombre de germes aérobies mésophiles n'atteint pas la norme recommandée par le codex alimentarius (<10<sup>5</sup> /g)

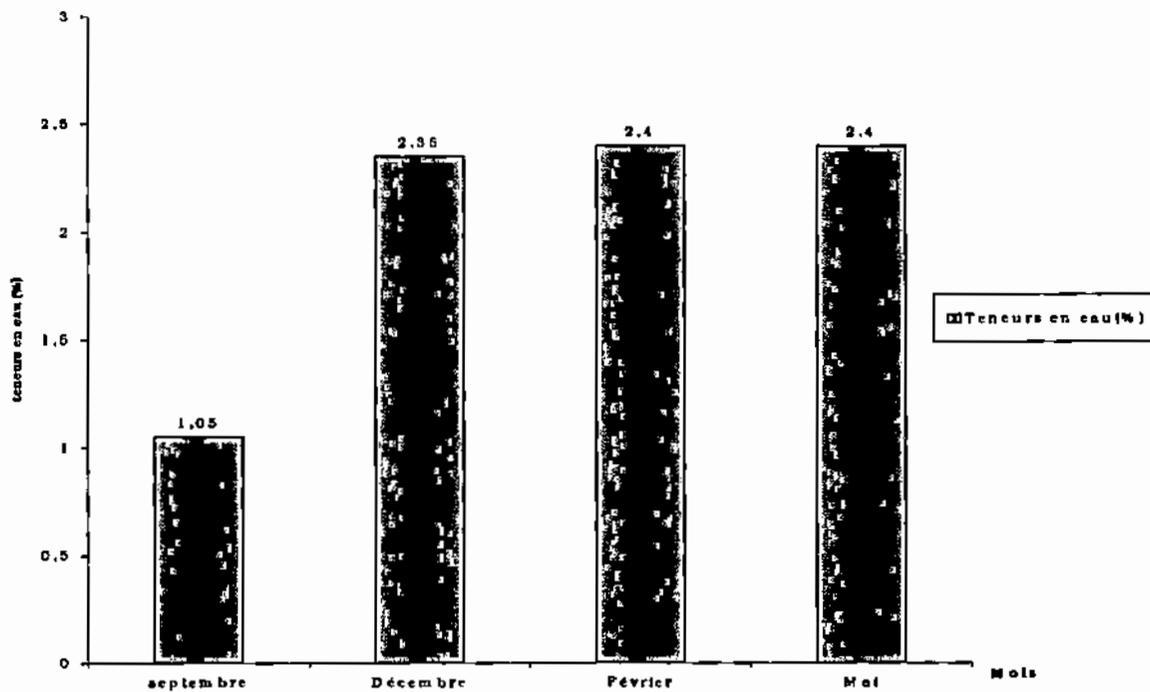
Les levures subissent une croissance mais leur nombre n'atteint pas la norme recommandée (<10<sup>3</sup>/g).

Il y a diminution des paramètres physico-chimiques au cours de la conservation (teneurs en protéines, lipides et glucides) mais restent conformes.

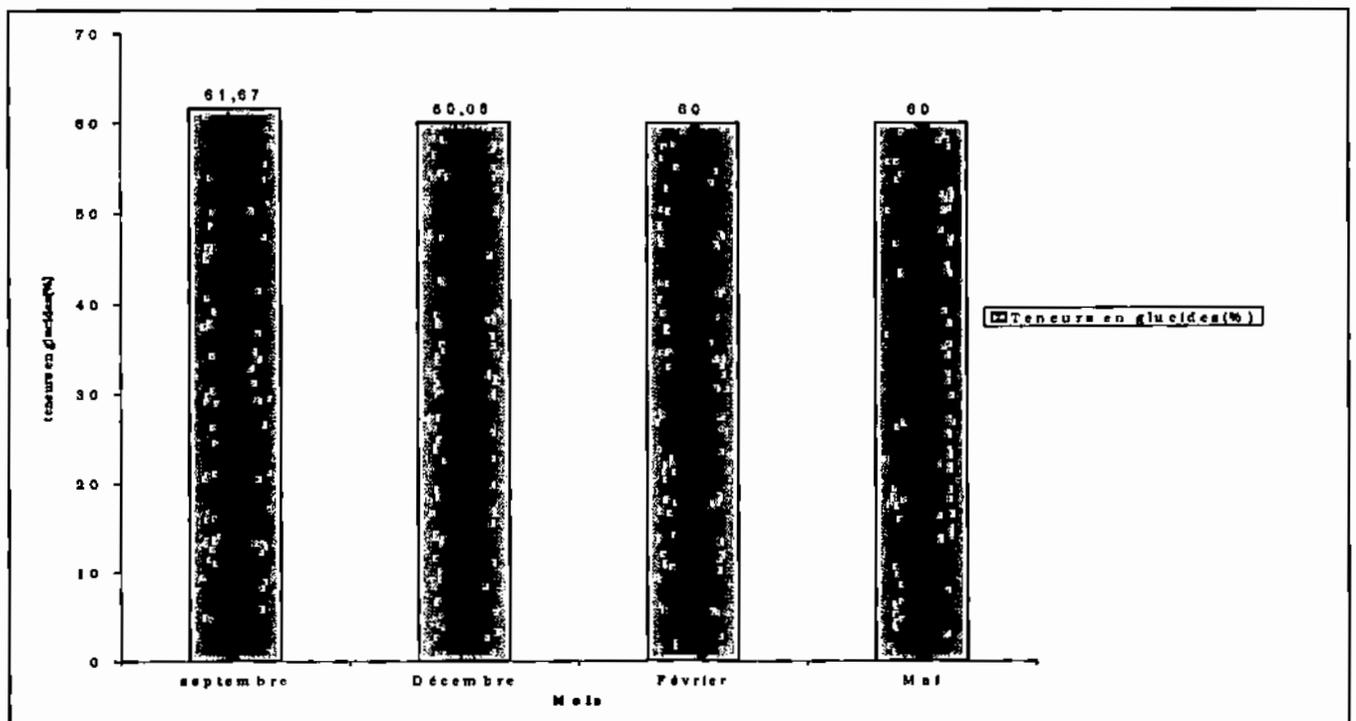
La teneur en eau augmente mais reste conforme à la norme

**Graphique 25 : Évolution des germes aérobies mésophiles et levures**

Pic de croissance des germes aérobies mésophiles en décembre et diminution de la croissance en février et mai, les levures ici aussi ne subissent pas de croissance significative. Les échantillons restent conformes aux normes.

**Graphique 26 : Évolution de la teneur en eau**

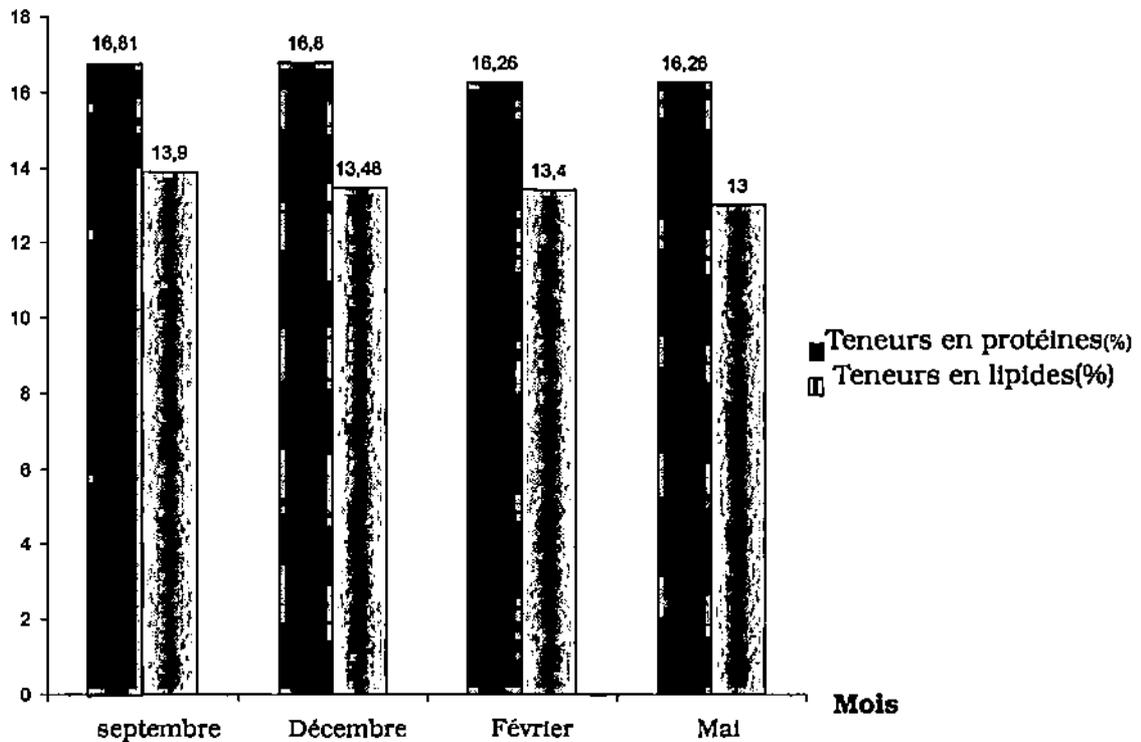
La teneur en eau augmente mais reste conforme à la norme

**Graphique 27 : Évolution de la teneur en glucides**

La teneur en glucides reste conforme à la norme malgré une diminution de sa teneur au cours de la conservation.

### Graphique 28 : Evolution des teneurs en protéines et lipides

Teneurs en protéines et lipides(%)



Les teneurs en lipides et protéines restent conformes aux normes malgré une diminution des teneurs au cours de la conservation.

### Analyses physico-chimiques

#### 1. Bilan de l'analyse Physico-chimique

Tableau XVI: Bilan de l'analyse physico-chimique

Nature des échantillons	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons non conformes	Pourcentage d'échantillons non conformes	Pourcentage d'échantillons conformes
Farine Misola	24	7	29%	71%
Farine Sinba	24	21	88%	12%
total	48	28	58%	42%

Au total 58% des échantillons analysés n'étaient pas conformes contre 42% qui l'étaient. 29% des échantillons de MISOLA analysés étaient non

conformes contre 71% qui l'étaient et 88% des échantillons de SINBA non conformes contre 12% conformes.

## 2. Échantillons non conformes aux normes OMS

Dans le tableau n°XVII sont répertoriés les échantillons non conformes aux normes avec les motifs de non-conformité et ce suivant le demandeur.

**Tableau XVII: Échantillons non conformes aux normes et motifs de non-conformité**

Nature des éch	Nombres d'éch	N° éch	Date d'analyse	Motifs de non-conformité	Provenance	Demandeur
Misola	7	E10	13/01/03	Teneur en protéines inférieure à la norme	Misola Sévaré	PAM
		E11 E12	13/01/03	Teneur en protéines inférieure à la norme	Misola Bandiagara	PAM
		E17 E18	12/02/03	Teneur en protéines inférieure à la norme	Misola Sévaré	PAM
		E21	05/02/03	Teneurs en protéines et glucides inférieures aux normes	Misola Kati	PAM
		E22	05/02/03	Teneurs en eau élevée par rapport à la norme	Misola Kati	PAM
Sinba	21	E1, E2, E3, E4, E5, E6	30/09/02	Teneurs en protéines et lipides inférieures aux normes	UCODAL	PAM
		E7, E8, E9, E10, E11, E12	13/01/03	Teneurs en protéines et lipides inférieures aux normes	UCODAL	PAM

**Tableau XVII (suite) : Échantillons non conformes aux normes et motifs de non-conformité**

Nature des éch	Nombres d'éch	N° éch	Date d'analyse	Motifs de non-conformité	Provenance	Demandeur
<b>Sinba</b>	<b>21</b>	E13	22/01/03	Teneurs en protéines et lipides inférieures aux normes	UCODAL	UCODAL
		E14, E15	22/01/03	Teneurs en protéines, lipides et glucides inférieures aux normes	UCODAL	UCODAL
		E19, E20, E21, E22, E23	10/02/03	Teneurs en protéines inférieures aux normes	UCODAL	PAM
		E24	10/02/03	Teneurs en protéines et lipides inférieures aux normes	UCODAL	PAM

E= Echantillon

Les échantillons de MISOLA non conformes ont tous été analysés au compte du PAM. Nous remarquons que ce sont des échantillons de Sévaré, Bandiagara et Kati.

21 échantillons de SINBA étaient non-conformes, 3 ont été analysés au compte de UCODAL et les 18 autres au compte du PAM

### 3. Composition nutritionnelle moyenne expérimentale

Dans le tableau n°XVIII se retrouvent les moyennes des teneurs physico-chimiques afin de faire paraître la composition nutritionnelle moyenne expérimentale des farines analysées.

Nous ne nous sommes basés que sur les paramètres analysés au LNS, les teneurs en vitamines et sels minéraux n'ont pas fait partie de notre étude.

**Tableau XVIII : Moyenne expérimentale de la composition nutritionnelle des farines**

Nature de l'échantillon	Indices statistiques	Teneur en eau (%)	Teneur en protéine (%)	Teneur en glucide (%)	Teneur en lipide (%)	Énergie générée /100g de MS (kcal)
<b>MISOLA</b>	Moyennes	3.6	13.4	64.0	11.9	417
	Ecart-type	2,1	2,3	4,6	1,9	45
<b>SINBA</b>	Moyennes	3.24	9.58	68.73	5.50	363
	Ecart-type	0,4	1,1	6,4	3,9	65

Les farines MISOLA présentent une valeur énergétique moyenne de 417 Kcal pour 100g de farine variant dans un intervalle de  $\pm$  45 Kcal.

Les farines SINBA présentent une valeur énergétique de 363 Kcal pour 100g de farine variant dans un intervalle de  $\pm$  65 Kcal.

### 4. Composition nutritionnelle moyenne expérimentale des farines infantiles pour 100 kcal comparativement aux teneurs estimées et aux teneurs recommandées

La composition en nutriments des farines devant être définie par rapport à leur contenu énergétique, nous avons rapporté les teneurs expérimentales à

**Tableau XIX: Composition nutritionnelle moyenne expérimentale des farines infantiles rapportée à 100Kcal**

Nature de l'échantillon	Paramètres	Indices statistiques	Teneurs expérimentales (g)	Teneurs estimées* (g)	Teneurs recommandés (g)
<b>MISOLA</b>	Protéines	Moyenne	3.22	3.9	<5.5
		Ecart-type	5,2		
	Lipides	Moyenne	2.85	2.8	≥2.1
		Ecart-type	4,25		
<b>SINBA</b>	Protéines	Moyenne	2.58	3.0	<5.5
		Ecart-type	14,6		
	Lipides	Moyenne	1.37	0.8	≥2.1
		Ecart-type	5,99		

\*Les teneurs estimées sont celles résultant de l'étude du consultant O. Bruyeron de l'OMS/PAM sur la composition nutritionnelle (4)

La valeur nutritionnelle moyenne expérimentale des échantillons de farine MISOLA est proche de la valeur estimée et conforme aux teneurs recommandées.

La valeur nutritionnelle estimée des farines SINBA n'est pas conforme aux teneurs recommandées et les résultats expérimentaux le confirment.

### 5. Analyses microbiologiques

Le bilan de l'interprétation des résultats de l'analyse microbiologique des farines se trouve dans le tableau n°XXIII.

**Tableau XXX : Bilan des analyses microbiologiques**

Nature des échantillons	Nombre d'échantillons	Nombre d'échantillons non conformes	(%) d'échantillons non conformes
<b>Farine MISOLA</b>	24	0	0
<b>Farine SINBA</b>	18	0	0

Dans l'ensemble, les échantillons analysés étaient de bonne qualité sanitaire comparativement aux normes OMS.

**QUATRIEME PARTIE :**  
**COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS**

## **V. COMMENTAIRES ET DISCUSSIONS**

### **V.1 Insuffisances et contraintes de l'étude**

#### **V.1.1 Choix des paramètres analysés**

Il a fait l'objet d'étude par le consultant O.Bruyeron du PAM/OMS en collaboration avec le LNS.

Les paramètres à analyser retenus sont ceux pouvant être réalisés au niveau du LNS, il s'agit de :

- La détermination des teneurs en lipides, glucides et protéines permettant de contrôler la valeur nutritionnelle des échantillons de farine.
- La détermination de la teneur en eau permettant d'évaluer la stabilité et la conservation des farines.
- La recherche de facteurs de contamination et d'altération microbienne des farines : les germes aérobies mésophiles, les coliformes et *E.Coli*, les levures, les moisissures et les salmonelles.

La détermination de certains paramètres retenus par l'étude du consultant O.Bruyeron du PAM/OMS n'a pas fait partie de notre étude car n'est pas encore réalisable au niveau du LNS faute d'appareillage et d'étalon, il s'agit de :

- La détermination de la densité énergétique
- La détermination des teneurs en vitamines
- La recherche d'aflatoxine.

#### **V.1.2 Normes**

Les normes utilisées sont celles de la commission du codex alimentarius FAO/OMS revues par S.Trèche.

## **V.2 Échantillons non conformes aux normes OMS**

- Le tableau n°XVIII fait ressortir que sur 6 échantillons de MISOLA Sévaré analysés au total, 3 échantillons (E10, E17, E18) avaient des teneurs en protéines inférieures aux normes OMS. 2 de ces échantillons (E17, E18) appartenaient au même lot. Suite à cela, cette non-conformité serait donc due soit à une erreur de dosage lors de la pesée des matières premières ou à une perte en protéines au cours du processus de fabrication notamment la torréfaction du Soja.
- Sur 6 échantillons de MISOLA Bandiagara analysés au total, 2 échantillons (E11, E12) avaient des teneurs en protéines inférieures à la norme. Ces deux échantillons sont issus du même lot ce qui pourrait être dû comme précédemment à une erreur de dosage lors de la pesée des matières premières ou à une perte en protéines lors du processus de production notamment la torréfaction du soja.
- Sur 6 échantillons de MISOLA Kati analysés au total, 2 échantillons (E21, E22) n'étaient pas conformes aux normes : teneurs en protéines et glucides inférieures aux normes OMS (E21) et teneur en eau élevée par rapport à la norme (E22) ce qui conférerait à la farine une mauvaise conservation.
- Sur 24 échantillons de farines SINBA analysés au total, 21 n'étaient pas conformes aux normes préconisées par l'OMS : teneurs en protéines et lipides inférieures aux normes.

SINBA présente un déficit en apport protéinique et lipidique dû à un problème de formulation car le producteur dit ne pas avoir de formule standard jusqu'à ce jour donc les teneurs sont encore à réajuster selon les spécifications recommandées.

## **V.3 Échantillons analysés au compte de UCODAL dont la formulation a été reprise**

Le premier lot d'échantillons de farines SINBA analysé le 30/09/2002 (E1, E2, E3, E4, E5, E6) n'ont pas fait l'objet de reprise mais le LNS dans son rôle de conseil a fait des recommandations au producteur pour

l'ajustement de la qualité nutritionnelle à savoir l'ajout d'arachide à la formule. (Tableau n°IX)

Le second lot d'échantillons (E7, E8, E9, E10, E11, E12 analysés le 13/01/2003) produit par l'unité UCODAL n'ayant pas été conforme aux normes recommandées par l'OMS, une reprise s'est avérée nécessaire pour l'ajustement des taux de protéines et de lipides qui étaient en quantité insuffisante comparativement aux normes OMS. (Tableau n°IX)

L'unité UCODAL a proposé deux lots de production de farines de formulation différentes, par addition d'huile de coton dans le but de réajuster la teneur en lipides. Il s'agit du lot d'échantillons E13, E14, E15 issus d'une même production dont les teneurs en lipides et protéines étaient inférieures aux normes OMS car dans ce lot, le producteur dit avoir seulement ajouté de l'huile de coton dans des proportions non déterminées. Celui des échantillons E16, E17, E18 issus d'une même production qui étaient de bonne qualité physico-chimique. Dans ce lot, le producteur dit avoir ajouté de l'huile de coton en raison de 25 litres pour une tonne de farine. (Tableau n°IX)

Cependant nous remarquons que malgré la reprise de la formulation de ces farines, les échantillons de la livraison suivante (E19, E20, E21, E22, E23, E24) ont eu des teneurs en protéines inférieures aux normes recommandées par l'OMS et la teneur en lipides de l'échantillon E24 inférieure à la norme (ce qu'on mettrait au compte d'un défaut d'homogénéisation de la farine). (Tableau n°IX)

Pour les farines MISOLA, il n'y a pas eu de reprise des échantillons non conformes car ce n'était pas l'ensemble du lot qui était à incriminer mais certains échantillons de certains lots. (Tableau n°VIII)

Ce qui n'était pas dû à un problème de formulation mais semble t-il, à des erreurs de dosage lors du processus de fabrication, des pertes en protéines pendant la torrèfaction notamment celui du soja.

Les pertes en protéines et lipides peuvent aussi être dûs à l'utilisation par les producteurs de variétés de matières premières différentes à chaque production.

#### **V.4 Composition nutritionnelle moyenne expérimentale des farines infantiles MISOLA et SINBA**

La composition nutritionnelle standard d'une bouillie de sevrage est la suivante (source Doc.16) :

Pour 100g de farine :

- Glucides 68%
- Protéines 13%
- Matières grasses 7%
- Eau 5%
- Cendres 2%
- Fibres 5%

Ce qui correspond à une valeur énergétique de 400kcal pour 100g de farine, la densité énergétique de la bouillie doit être 1kcal/ml

Le tableau n°XXI montre que, pour la farine MISOLA nous avons une composition nutritionnelle moyenne de 417Kcal pour 100 g de farine ce qui s'approche de la composition standard (Doc.16).

Cependant pour la farine SINBA la composition nutritionnelle moyenne expérimentale est de 363Kcal pour 100g de farine, ce qui est de loin inférieur au standard surtout pour les teneurs en protéines et lipides mais la teneur en glucides se rapproche du standard.

En faisant une comparaison avec la farine infantile CERELAC (côte d'Ivoire) de la multinationale NESTLE qui a pour composition nutritionnelle :

- Glucides =>68,9g pour 100g de farine
- Matières grasses (lipides) =>9g pour 100g de farine
- Protéines =>15,5g pour 100g de farine
- Correspondant à une Valeur énergétique de 419kcal pour 100g de farine

La composition nutritionnelle moyenne de la farine MISOLA peut avec une valeur énergétique moyenne de 417kcal pour 100g de farine rivaliser avec CERELAC de NESTLE.

Ce qui n'est pas le cas de SINBA avec une valeur énergétique de 363Kcal variant dans un intervalle de  $\pm 65$  Kcal.

## **V.5 Contrôle de stabilité :**

### **1. Farine SINBA :**

#### **• Paramètres microbiologiques**

Au bout de 8 mois de conservation (Septembre à Mai), dans des conditions de température (43°C) approchant la maximale de croissance (45°C) et une humidité fort élevée, la farine SINBA reste conforme à la norme (graphique 9).

Cependant, nous avons remarqué un pic de croissance des germes aérobies mésophiles au bout de 3 mois de conservation (Décembre) ceci s'expliquerait par des conditions favorables de croissance réunies à savoir : le milieu riche en nutriments, la température appartenant à la fourchette d'optimum mais proche de la maximale, une teneur en eau qui augmente dans la farine à cette même période (graphique 10) et la présence d'oxygène

Au bout de 5 mois de conservation, on observe une diminution du nombre de germes.

Les germes se seraient alors multipliés considérablement en décembre du fait des conditions de croissances réunis. L'augmentation du nombre germes entraînerait alors une augmentation des besoins en nutriments et en oxygène pour la croissance.

L'oxygène alors disponible dans le sachet diminuerait (bien que l'emballage en polyéthylène avec ses micropores ne soit pas complètement imperméable à la vapeur d'eau) du fait de son utilisation par les bactéries. En effet, les microorganismes utilisent l'oxygène pour métaboliser les glucides dont on remarque également une diminution (graphique 11). Ce qui inhiberait la croissance des germes.

Le nombre de levures augmente au bout de 3 mois de conservation puis ne varie plus jusqu'en mai.

- **Paramètres physico-chimiques**

- La teneur en eau

Au bout de huit mois de conservation, elle reste conforme quoique ayant un peu augmentée par rapport à la teneur au mois de septembre. (graphique 10).

Le sachet utilisé pour le conditionnement des farines étant en polyéthylène, il n'est pas totalement imperméable à la vapeur d'eau ce qui expliquerait la prise en eau de la farine au cours de la conservation. Par ailleurs, le métabolisme des glucides par les germes conduit à la formation de dioxyde de carbone et de vapeur d'eau (16) ce qui expliquerait aussi la prise d'eau de la farine.

- Les teneurs en nutriments

Les teneurs en glucides, lipides et protéines présentent le même schéma d'évolution (Graphiques 11 et 12). On note une légère diminution des

teneurs qui cependant restent conformes aux normes pour les glucides, les teneurs en protéines et lipides étant déjà inférieures aux normes en dehors de toute conservation (septembre).

Cette diminution des teneurs pourrait s'expliquer par l'utilisation de ces nutriments par les microorganismes.

## **2. Farines MISOLA**

### **• Les paramètres microbiologiques**

Le schéma d'évolution des GAM et levures est le même que pour la farine SINBA.

Au bout de 8 mois de conservation, la qualité bactériologique des farines MISOLA reste conforme aux normes. (Graphiques 13, 17, 21 et 25)

Le nombre de levures dans chaque farine augmente au bout de 3 mois de conservation et ne varie plus jusqu'au huitième mois. (Graphiques 13, 17, 21 et 25)

### **• Les paramètres physico-chimiques**

#### **□ Teneur en eau**

Pour toutes les farines MISOLA, le schéma d'évolution de la teneur en eau est semblable (Cf. SINBA).

La teneur en eau après 8 mois conservation reste conforme à la norme. Nous remarquons cependant qu'elle était élevée en mai chez MISOLA Kati (6,3%) et MISOLA Baco-ditcoroni ACI (5,8%) (Graphiques 14, 18, 22 et 26)

#### □ Teneurs en nutriments

Au bout de 8 mois de conservation, les teneurs en glucides pour MISOLA Kati et Sévaré (graphiques 15 et 27) restent conformes à la norme ( $\geq 60\%$ ). Cependant, MISOLA Baco-djicoroni et Bandiagara présentent des teneurs en glucides inférieures à la norme. (Graphiques 19 et 23)

Pour toutes les farines MISOLA, le schéma d'évolution des teneurs en protéines et lipides est le même, on remarque une faible diminution et les teneurs sont restées conformes aux normes au bout de 8 mois de conservation sauf pour MISOLA Kati qui avait accusée d'une diminution de la teneur en lipides (7%) en dessous de la norme OMS depuis le mois de décembre.

Il faut noter que pour ces farines, les teneurs des paramètres physico-chimiques inférieures aux normes au bout de 8 mois de conservation sont celles étant proches du seuil inférieur de la norme. Après avoir subi une diminution au cours de la conservation, ces teneurs se trouvent alors inférieures aux normes.

## VI. CONCLUSION

Pour la réalisation de cette étude, nous nous étions fixés comme objectifs :

- De contrôler les qualités physico-chimiques et microbiologiques des farines infantiles
- D'évaluer à partir de ces données expérimentales, la composition nutritionnelle moyenne des farines infantiles.
- Enfin de contrôler la stabilité de ces farines mises dans des conditions extrêmes de température et d'humidité afin d'évaluer leur stabilité en vue de leur future conservation au nord du pays.

Tout ceci pour nous approcher de notre objectif général qui est : d'étudier la qualité des farines MISOLA et SINBA afin de contribuer à la promotion de la santé des populations vulnérables (femmes enceintes et allaitantes, enfants de 6 à 36 mois) dans la région de Mopti.

Il faut noter que la réalisation du but recherché par le PAM ne dépend pas seulement de nos travaux mais aussi de tous les acteurs oeuvrant de la production des farines jusqu'à leur distribution et leur utilisation, il s'agit: du PAM, des producteurs de farines infantiles, des distributeurs (CSCOM) et des consommateurs. Nous aurons quant à nous contribué à la mise à la disposition des consommateurs de produits de bonne qualité sanitaire et nutritionnelle intervenant ainsi dans la promotion de la santé des populations vulnérables.

### • Paramètres physico-chimiques

Sur 24 échantillons de SINBA analysés, 21 n'étaient pas conformes aux normes OMS. Les motifs de non-conformité étaient surtout les teneurs en protéines et lipides qui se trouvaient inférieures aux normes. Nous pourrions dire que sur 18 échantillons de farines SINBA analysés au compte du PAM, aucun n'avait des teneurs en protéines conformes à la norme et seulement 4 avait des teneurs en lipides conformes à la norme contre 14 qui

Sur 6 échantillons analysés au compte de l'entreprise UCODAL après changement dans la formulation, 3 n'étaient pas conformes aux normes physico-chimiques contre 3 autres qui l'étaient. Soit au total 88% des farines SINBA non conformes aux normes contre 13% conformes.

La farine SINBA présente un problème de formulation ce qui explique l'importance du nombre d'échantillons non conformes et surtout les teneurs en protéines et lipides, auxquelles il faudra remédier en apportant à la formule initiale un apport protéique et énergétique pour qu'elle puisse répondre aux qualités d'un bon aliment de sevrage de haute valeur énergétique et pouvoir subvenir aux besoins de l'enfant.

Sur 24 échantillons de farines MISOLA analysés, 7 n'étaient pas conformes aux normes OMS dont 5 qui ont eu des teneurs en protéines inférieures à la norme, 1 ayant eu des teneurs en glucides et protéines inférieures aux normes et 1 ayant eu une teneur en eau élevée pouvant lui conférer une mauvaise conservation.

Soit 29% des échantillons de MISOLA non conformes contre 71% conformes. Plus de la moitié des farines MISOLA étaient conformes aux normes. Dans l'ensemble, elles étaient de bonne qualité physico-chimique quoique la maîtrise de certaines méthodes (notamment la torréfaction) dans la production de ces farines devant être envisager afin d'éviter les pertes en nutriments et l'élévation de la teneur en eau.

Sur 48 échantillons de farines infantiles analysés au total, 28 n'étaient pas conformes aux normes soit 58% contre 42% conformes :

- 56% non conformes aux teneurs recommandées par l'OMS en protéines contre 44% conformes,
- 6% des échantillons non-conformes à la teneur en glucides contre 94% conformes,
- 33% non-conformes à la teneur en lipides contre 67% conformes,
- 2% non-conformes à la teneur en eau contre 98% conformes

- **La composition nutritionnelle moyenne expérimentale**

Afin d'évaluer la qualité nutritionnelle des farines, nous avons fait la moyenne des teneurs en nutriments (teneur en eau, protéines, lipides et glucides) pour en déduire la valeur énergétique moyenne.

Pour la farine SINBA, nous avons obtenu une valeur énergétique moyenne de 363kcal variant dans un intervalle de [298 kcal à 428 kcal].

La farine SINBA présente un déficit énergétique par rapport au standard proposé par M.Sanogo (17) qui est de 400 kcal/100g de farine et par rapport à CERELAC (Côte d'Ivoire) de la multinationale NESTLE qui a une valeur énergétique de 419 kcal pour 100g de farine.

La farine MISOLA présente en moyenne une valeur énergétique de 417 kcal pour 100g de farine variant dans un intervalle de [372 kcal à 462 kcal]. En nous basant sur les résultats obtenus à l'analyse physico-chimique, nous pourrions affirmer que la farine MISOLA est de bonne qualité nutritionnelle et peut rivaliser avec CERELAC (Côte d'Ivoire) de la multinationale NESTLE qui présente 419 kcal pour 100 g de farine.

- **Analyses microbiologiques**

Sur 48 échantillons de farine analysés au total, aucun ne présentait une mauvaise qualité microbiologique par rapport aux normes OMS quoique nous remarquions la présence de germes aérobies mésophiles et quelques levures mais dont les nombres étaient de loin inférieurs aux normes OMS.

- **Contrôle de stabilité**

Conservées dans des conditions de forte température (43°C) et de forte humidité, dans l'ensemble les farines ont eu une bonne conservation. Elles ont plus ou moins gardé leur composition initiale malgré une légère diminution des nutriments mais qui sont restés conformes aux normes pour certains mais inférieurs aux normes pour d'autres ayant au départ soit des valeurs déjà inférieures aux normes soit proches du seuil inférieur des

La teneur en eau et le nombre de germes aérobie mésophiles augmentent même s'ils restent conformes aux normes.

Nous pouvons donc affirmer que ces farines sont donc conservables dans des sachets en polyéthylène de  $100\mu\text{m}$  d'épaisseur pendant 6 mois et même plus dans des conditions de fortes températures et d'humidité élevée si la teneur en eau initiale est inférieure à 8%. Elles peuvent donc avoir une bonne conservation malgré les conditions climatiques régnant au nord du

## **VII. RECOMMANDATIONS**

### **Au ministère de la santé :**

- Mettre à la disposition du LNS et des laboratoires de contrôle des denrées alimentaires existant, l'appareillage et le matériel nécessaire pour le contrôle de la qualité des denrées alimentaires et en particulier celles destinés à l'alimentation des enfants.
- Appuyer l'action du PAM par la vulgarisation des farines infantiles à base de produits locaux (les UPA n'étant pas en mesure de le faire par manque de moyens financiers), ceci en faisant des campagnes médiatiques à la télévision pour augmenter la consommation de celles-ci partout au MALI.

### **AU LNS :**

- Faire une étude sur la formulation des farines infantiles afin de proposer des recettes aux producteurs en vue de l'amélioration des qualités nutritionnelles.
- Faire des propositions de normes.
- Inclure la recherche des pesticides à l'analyse des farines surtout quand on sait que l'utilisation des pesticides n'est pas maîtrisée par les paysans.
- Inclure également la recherche d'aflatoxine dans les analyses.
- Faire des prélèvements au niveau des unités de productions de farines, des farines retrouvées sur le marché malien pour le contrôle et prodiguer des conseils au producteur.
- Mettre à jour les méthodes analytiques utilisées pour le contrôle des denrées alimentaires en fonction de l'évolution de la technologie dans le domaine du contrôle alimentaire.
- Demander l'adoption d'un label certifiant la qualité des denrées alimentaire notamment les farines infantiles.

**Aux unités de production :**

- Adopter les normes recommandées pour les farines infantiles.
- Mettre sur l'emballage la composition nutritionnelle de la farine.

➤ **MISOLA**

- Standardiser les méthodes de fabrication afin de maîtriser certains paramètres et avoir pour chaque unité des teneurs plus ou moins proches.

➤ **UCODAL**

- Revoir la formulation de la farine SINBA et adopter une formule standard recommandée par le consultant Olivier Bruyeron (consultant du PAM).



## Références bibliographiques

1. Agbessi Dos Santos H., Damon M. **Manuel de nutrition africaine.**
2. Berthé.S FMPOS 2000. **Étude rétrospective des résultats d'analyse des denrées alimentaires au laboratoire national de la santé de 1996 à 1999.**
3. Bourgeois C.M., Leveau J. Y. **Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Tome 3 : le contrôle microbiologique.** Lavoisier-Tec & Doc, 1991
4. Bourgeois CM, JF Meicle et J Zucca "Microbiologie alimentaire tome1"
5. Brasseur D. J., Vis H. L., 1974. **Nutrition et malnutrition.** Les Mémentos Guigoz, Tome 2.
6. Bruyeron O., Monvois J., Trèche S., et al " **Bulletin du réseau TPA**" Mai 1998
7. Bruyeron O., 2001. **Rapport technique de mission en République du Mali sur le volet de santé nutrition du PAM.**
8. **Enquête démographique et de Santé troisième opération du Mali 2001 (EDSM III)**
9. FAO/OMS, Vol IX, supplément 3. **Programme mixte sur les normes alimentaires : Codex alimentarius.** 1988
10. FAO, Rome, 1970. **Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique.**
11. FAO Rome 1992. **Manuel sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires : assurance de la qualité dans le laboratoire d'analyse microbiologique des aliments.**
12. FAO Rome 2001. **La nutrition dans les pays en développement**  
Michel C Latham
13. Gordon B. Loisel W. 1997 **Guide pratique d'analyses dans les**

14. Maurin.L et al. **Étude de faisabilité d'une production de bouillie de sevrage pour les enfants maliens**
15. Multon J.L., **Technique d'analyse dans les industries agroalimentaires. Tome1 : le contrôle de qualité : principes généraux et aspects législatifs.** Lavoisier-Tec & Doc, 1991
16. Rozier J., Bolnot F., Carlier V., 1985. **Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments.**
17. Sanogo M., 1994. **La production artisanale de farines infantiles. Expériences et procédés.** Ed. du Gret. Ministère de la coopération française.
18. Sankalé M., Satgé P., Toury J., Vuylsteké J. Maloine s.a. éditeur, Paris, 1974. **Alimentation et pathologie nutritionnelle en Afrique Noire.**
19. Soubeiga S., Laurent C.et F., 1992. **La farine Misola, livret n°1: fabrication.**
20. Treche S., 1999. **Appui à la formulation d'aliments de complément en vue de l'amélioration de l'état nutritionnel des enfants au Mali.** Rapport technique de mission en République du Mali.
21. **Manuel suisse des denrées alimentaires. 5<sup>ième</sup> édition.** Premier volume.
22. Weil.J.H. **Biochimie générale.** Masson1994
23. [WWW.pharmacorama.com](http://WWW.pharmacorama.com)
24. [WWW.infonutrition.org](http://WWW.infonutrition.org)
25. [WWW.FAO.org](http://WWW.FAO.org)
26. [WWW.WFP.org](http://WWW.WFP.org)
27. [WWW.chez.com/guatemalt/esche.html](http://WWW.chez.com/guatemalt/esche.html)
28. [WWW.unido.org/userfiles/cracknej](http://WWW.unido.org/userfiles/cracknej)
29. [WWW.gret.org:tpa](http://WWW.gret.org:tpa)



A. Coulibaly

Thèse de doctorat en pharmacie

## **Fiche signalétique**

**NOM** : Coulibaly

**PRENOM** : Aïssata

**VILLE** : Bamako

**PAYS D'ORIGINE**: Mali

**SECTION** : Pharmacie

**THEME ETUDIE** : Contrôle de qualité des farines destinées à l'alimentation des enfants (MISOLA et SINBA) et entrant dans le cadre du projet test du PAM.

**SECTEUR D'INTERET** : Qualité

## **SERMENT DE GALIEN**

*Je jure en présence des maîtres de cette faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et des condisciples :*

*D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.*

*D'exercer dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et 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*