

UNIVERSITE CATHOLIQUE  
DE L'AFRIQUE DE L'OUEST.  
(UCAO)

**UNITE UNIVERSITAIRE  
DE BOBO-DIOULASSO (UUB)**  
BP 1052 – BOBO-DIOULASSO  
Burkina Faso  
Tél. : (226) 20 97 16 85 // 20 97 23 06  
Email : uub-bf@yahoo.fr



Pharmacie de l'Aéroport  
UNITE DE MALTAGE  
DE OUIDTINGA  
(UMAO)  
10 BP 13614 Ouaga 10  
Tél. : 50 31 42 22  
Fax : 50 38 11 05  
Email : phaero@fasonet.bf



## Mémoire

Présenté par

**Gilles Prosper D.N. KPODA**

Pour obtention de la licence professionnelle

En biologie appliquée

Option : Industrie Agroalimentaire.

### **OPTIMISATION DU MALTAGE À L'UNITÉ DE MALTAGE DE OUIDTINGA**

Devant le jury :

Président :

Membres :

Directeur de mémoire

**Dr Imaël N. H. BASSOLE**

CRSBAN / DBM / UFR-SVT

Université de Ouagadougou

Maître de stage

**M<sup>me</sup> Edith TRIANDE**

Septembre 2008

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>III</b>
<b>SIGLES ET ABREVIATIONS</b> .....	<b>IV</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE</b> .....	<b>3</b>
2-1 LA PRESENTATION DE L'UNITÉ DE MALTAGE DE OUIDTINGA .....	4
2-2 LE SORGHO .....	4
2-2-1 La Plante.....	4
2-2-2 La structure du grain de sorgho .....	4
2-2-3 Les Composés nutritionnels .....	5
2-2-4 Les composés antinutritionnels .....	6
2-3 LE MALTAGE.....	6
2-3-1 Le Trempage.....	7
2-3-2 Le trempage en milieu alcalin .....	8
2-3-3 La Germination.....	9
2-3-4 La technique de maltage .....	9
2-3-5 Le séchage .....	10
2-3-6 L'ébarbage ou polissage .....	11
2-3-7 Le stockage et la conservation.....	11
2-3-8 La qualité du malt.....	11
2-3-9 Le maltage au Burkina Faso.....	12
<b>MATERIEL ET METHODES</b> .....	<b>15</b>
3-1 LE MATERIEL .....	16
3-1-1 Le matériel biologique .....	16
3-1-2 L'eau .....	16
3-1-3 Les solutions de trempage .....	16
3-2 LES METHODES .....	16
3-2-1 La détermination du taux d'humidité et d'impureté du sorgho.....	16
3-2-2 Taux de germination et énergie germinative.....	16
3-2-3 La détermination du calcium, du sodium et du potassium par spectromètre d'émission de flamme.....	17
3-2-4 Le procédé de maltage .....	17
3-2-4-1 Le trempage .....	18
3-2-4-2 La germination .....	18
3-2-4-2-1 La germination basse température .....	18
3-2-4-2-2 La germination haute température .....	18
3-2-4-3 Le séchage .....	18
3-2-5 Détermination du taux d'humidité et de radicelle du malt.....	18
3-2-6 Le dosage du pouvoir diastasique du malt de sorgho .....	18
<b>RESULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>22</b>
4-1 LE TAUX D'HUMIDITE ET D'IMPURETE DU SORGHO .....	23
4-2 TAUX DE GERMINATION ET ENERGIE GERMINATIVE .....	23

4-3 LES ANALYSES DES TENEURS EN CALCIUM, SODIUM ET POTASSIUM DE LA SOLUTION DE TREMPAGE. ....	23
4- 4 LES ANALYSES DU PROCEDE DE MALTAGE UMAO.....	24
4-5 LES CARACTERISTIQUES DU MALT DE SORGHO.....	25
4-6 LE POUVOIR DIASTASIQUE .....	25
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>29</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE :.....</b>	<b>31</b>

## REMERCIEMENTS

Ce travail ne saurait être concrétisé sans le soutien et la générosité de plusieurs personnes auxquelles je tiens vivement à exprimer ma profonde gratitude.

- A Monsieur **Boniface BOUGOUMA** pour son encadrement et sa rigueur dans le travail.
- Les mots me manquent pour témoigner toute ma reconnaissance à madame **TRIANDE Edith**, madame **BOUGOUMA Léonie** et toute l'équipe de la pharmacie de l'aéroport de Ouagadougou.
- Je remercie madame **BOUGOUMA Marie** pour son soutien moral et matériel.
- Je tiens à remercier les docteurs **KIENDREBEOGO Martin** et **Imaël Henri Nestor BASSOLE** pour leur contribution.
- Je remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, qu'ils trouvent ici l'expression de ma gratitude.
- Mes remerciements s'adressent à toute la direction de l'Unité Universitaire de Bobo-Dioulasso.
- Mes remerciements vont à mes amis, **Didier BATIONO**, **Jean-Luc YAMEOGO**, **Alidou KABORE**, **Elie Renaud SANON** et **Charles KOMBASSERE**.
- Je dédie ce travail à la princesse qui gouverne mon cœur, **Félicité SILGA**, qui a su faire preuve de patience nécessaire et qui n'a cessé de me soutenir.

Ce travail n'aurait pas pu se réaliser sans le soutien de mon père Monsieur **Jean Philippe KPODA**, ma mère Madame **Bertine KPODA**, mes frères et soeurs **Hervé**, **Rosine**, **Bertrand**, **Angélique**, **Huguette**, qui m'ont toujours encouragé à persévérer dans mes études ; merci de tout cœur.

Je ne saurais terminer sans remercier Madame **Maria DRABO**, **Joseph SANON**, **Edwige KPODA**, **Jean Claude KYENDREBEOGO**, **Armand SOMDA**, **Pasteur PODA**, **Leila ZERBO** sans omettre la famille **SILGA Cyrille**, mes nièces et neveux **Roxane**, **Anaïs**, **Cédric**, **Madison** et **Natanaël**.

## **SIGLES ET ABREVIATIONS**

- DURAS : Promotion du Développement Durable dans le Système de Recherche Agricole du Sud.
- CIRAD : Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement
- F.A.O : Food and Agriculture Organization
- I.R.S.A.T : Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologiques
- UMAO : Unité de Maltage de Ouidtinga.
- U.C.A.O : Université Catholique de l’Afrique de l’Ouest.
- G.B.T : Germination basse température
- G.H.T : Germination haute température
- O.N.E.A : Office National des Eaux et de l’Assainissement
- BUNASOL : Bureau National des Sols
- UDP : 1 UDP = 1 mg eq maltose/min/g

# INTRODUCTION

Les céréales constituent la denrée alimentaire de base la plus consommée dans le monde. Ce sont des plantes cultivées dont les grains servent de nourriture à l'homme et aux animaux.

Le sorgho est une plante tropicale. Son origine est située en Ethiopie (Abyssinie). Il est actuellement cultivé sous tous les climats et les continents. Le *sorghum bicolor* est la cinquième plus importante céréale dans le monde après le blé, le riz, le maïs et l'orge en termes de production. La production mondiale du sorgho s'élève à 57 millions de tonnes en 2006 <sup>1</sup>.

Au Burkina Faso, le sorgho représente plus de la moitié de la production céréalière et constitue l'aliment de base des populations rurales <sup>2</sup>.

Les statistiques agricoles nationales du Burkina de 1996 à 2005 montrent que le sorgho rouge représente en moyenne 25,04 % de la production totale de sorgho. Quarante pour cent (40 %) de la production nationale de sorgho sont utilisés pour la production de dolo <sup>3</sup>.

Le malt de sorgho est utilisé dans la fabrication du dolo et des farines infantiles (Misola, Natavi, etc.), cependant sa qualité est une préoccupation pour les dolotières et les unités de fabrication des farines infantiles à cause de sa variabilité. Cette variabilité est due à la non maîtrise de la technologie de maltage et à la diversité des procédés selon les ethnies et l'environnement agro-écologique <sup>3</sup>. Dans ce contexte, l'optimisation des procédés de maltage est d'une grande nécessité.

Le maltage comprend trois étapes. Le trempage, la germination et le séchage <sup>4</sup>. Le trempage est l'étape la plus importante du maltage. Il influence le plus la qualité du malt <sup>5</sup>. La trempage alcaline offre des résultats satisfaisants. Elle inactive les tanins du sorgho, réduit la charge microbienne et les pertes dues au maltage du sorgho, améliore les acides aminés libres, la filtrabilité, la friabilité et le pouvoir diastasique des malts de sorgho <sup>4</sup>.

L'unité de maltage de Ouidtinga cherche à produire des malts de qualité. Ainsi elle adopte en son sein le procédé de maltage en milieu alcalin par utilisation d'extraits de cendres de bois. Afin d'optimiser son procédé de maltage, l'unité recherche une concentration idéale des extraits de cendres de bois. L'objectif de cette étude est d'améliorer le trempage alcalin pratiqué dans cette unité. Deux séries de production de maltage en milieu alcalin feront l'objet de transformation du sorgho rouge. Le pouvoir diastasique des malts obtenus sera déterminé dans un laboratoire de biochimie. Les résultats des analyses seront par la suite interprétés.

# **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

## **2-1 LA PRESENTATION DE L'UNITÉ DE MALTAGE DE OUIDTINGA.**

L'Unité de Maltage de Ouidtinga a été créée en 1999 au sein de la pharmacie de l'Aéroport de Ouagadougou pour la production de médicaments et de farines infantiles à partir des céréales locales dont le sorgho en particulier. L'unité est située à la sortie de la ville de Ouagadougou sur la route de Pô. Elle dispose d'équipements nécessaires à la production des malts dans de bonnes conditions hygiéniques (bacs de germinations, aires de séchage, forage, etc.) L'unité a une capacité de 2 tonnes par mois.

## **2-2 Le Sorgho**

### **2-2-1 La Plante**

La domestication du sorgho a vraisemblablement eu lieu il y a plusieurs millénaires en Afrique au Sud du Sahara. Les plus vieux restes archéologiques de cette céréale ont été retrouvés à la frontière Soudan-Egypte et ont été datés à plus de 6000 ans avant J.C.

Le sorgho est une plante annuelle qui atteint à maturité une hauteur variable allant de 50 cm à plus de 5 m. Il se caractérise par un système racinaire très puissant qui s'enfonce jusqu'à 2 m dans le sol, ce qui explique sa capacité de résistance aux grandes périodes de sécheresse.

Au Burkina Faso, nous rencontrons plusieurs variétés de sorgho, cependant, de part la couleur du grain, on note principalement deux catégories de sorgho. Le sorgho rouge et le sorgho blanc.

### **2-2-2 La structure du grain de sorgho**

Comme les autres graminées, le grain de sorgho est un caryopse ou fruit sec indéhiscent, dont la graine proprement dite est renfermée dans le tégument du fruit ou péricarpe.

Le grain de sorgho est constitué, comme celui de toutes les autres céréales de trois parties : le péricarpe, le germe et l'albumen. Entre le péricarpe et l'albumen, peut s'insérer une couche hautement pigmentée, la couche brune encore appelée testa. Sa présence ou son absence est une caractéristique variétale. Riche en tannins, elle confère aux grains des qualités de résistances aux moisissures et aux oiseaux. En revanche, elle colore les préparations culinaires, leur donne de l'amertume et diminue leur digestibilité.

L'albumen présente au centre du grain une partie farineuse plus ou moins importante qui est entourée par une partie vitreuse. L'albumen est normalement blanc. Il existe cependant des sorghos à l'albumen jaune. Cette particularité leur vient d'une haute teneur en pigment caroténoïde qui améliore la qualité nutritive des grains. En contrepartie, elle augmente leur sensibilité aux moisissures.

Le péricarpe est divisé en trois tissus ; à l'extérieur, il y a l'épicarpe, qui contient des pigments, ensuite le mésocarpe pouvant contenir des granules d'amidon (le sorgho est la seule céréale ayant de l'amidon à cet endroit). A l'intérieur il y a l'endocarpe.

Le germe comprend principalement l'embryon et le scutellum. Le scutellum est un tissu de réserve, riche en lipides, protéine, enzyme, minéraux et vitamines.

La couleur du grain de sorgho est une caractéristique variétale due à plusieurs facteurs génétiques. Elle peut aller du blanc au brun très foncé en passant par le jaune, l'orange, et le rouge. Globalement, plus la couleur du grain est claire, plus sa teneur en tannin est faible et sa valeur nutritive bonne.

Au Burkina Faso, un cahier de charge du sorgho destiné à la production du malt de sorgho pour la fabrication du dolo fixe le taux d'impureté à 10,6 % au maximum et le taux à 12 % au maximum <sup>15</sup>.

### **2-2-3 Les Composés nutritionnels**

Les glucides du sorgho comprennent l'amidon, les sucres solubles, les pentosanes, la cellulose et l'hémicellulose. L'amidon est le constituant majeur du grain et de l'albumen. Il se présente sous forme de granules et se compose d'un mélange de deux polyholosides, l'amylose et l'amylopectine, de lipides et de protéines.

Chez le sorgho, la teneur en protéines varie en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques au cours du développement de la plante et de la maturation du grain. Les albumines et les globulines, ou protéines solubles, les prolamines ou kafirines, les glutelines sont les protéines rencontrées dans le sorgho.

Les lipides du sorgho sont constitués des lipides totaux subdivisés en lipides libres, lipides liés et les lipides insaponifiables.

Le sorgho est pauvre en calcium alors que le phosphore est 'élément minéral le plus abondant. Le sorgho contient d'autres éléments minéraux tels que le potassium, le magnésium, le fer, le zinc et le cuivre. Il est très pauvre en sodium.

Le sorgho est riche en thiamine, niacine, et riboflavine qui sont concentrées dans le germe et la couche à aleurone. Le grain de sorgho n'est pas riche en vitamine C mais il se trouve dans les grains en cours de germination. Les vitamines E (tocophérols) et la vitamine K sont toutes deux présentes dans le germe. Seul les sorghos à albumine jaunes possèdent un peu de vitamine A.

Les fibres sont constituées de cellulose, d'hémicellulose et de petites quantités de lignines.

#### **2-2-4 Les composés antinutritionnels.**

Les tanins sont des composés phénoliques qui sont divisés en trois catégories, les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins. Les sorghos dits bruns avec une testa pigmentée contiennent des quantités appréciables de tanins. Les tanins ont la propriété de s'associer aux protéines pour former des complexes indigestibles qui diminuent l'assimilation des protéines.

L'acide phytique ou les phytates complexes les minéraux tels que le calcium, le zinc, le fer, le magnésium.

Les inhibiteurs de protéines tels que la trypsine, la chymotrypsine et d'autres protéases ont été identifiés chez le sorgho.

#### **2-3 Le maltage**

Le maltage est une technique qui vise à transformer les céréales en malt. Le maltage de l'orge est destiné à la production des bières dans les pays occidentaux. Le maltage du sorgho est une transformation pratiquée traditionnellement dans de nombreux pays africains pour la fabrication de boissons alcoolisées. <sup>4</sup>.

L'objectif du maltage est de transformer le grain de céréale en malt riche en enzymes telles que les amylases et les protéases <sup>6</sup>. Ce sont les amylases qui hydrolysent l'amidon au cours du brassage. Elles sont de deux types, l' $\alpha$ -amylase et la  $\beta$ -amylase. L'incorporation des farines de sorgho malté dans les farines infantiles réduit la viscosité des bouillies grâce à l'action des  $\alpha$ -amylases. Elle permet ainsi une augmentation de leur densité énergétique <sup>7</sup>. Les malts traditionnels ont une grande variabilité du pouvoir diastasique et fluidifiant (20 à 120 UPD) <sup>8</sup>.

Cette variabilité est un handicap dans la production de malt de qualité et en particulier des malts destinés à la production des boissons alcoolisées. Le malt destiné à la production des boissons doit avoir un pouvoir diastasique élevé. Cela permet une hydrolyse totale de l'amidon au cours du brassage.

Les bénéfices liés au maltage des grains de sorgho sont résumés de la façon suivante <sup>4</sup> :

- augmente le niveau des amylases,
- réduit les facteurs anti-nutritionnels (phytates),
- améliore le taux des vitamines (riboflavine, niacine, pyridoxine et l'acide ascorbique),
- augmente le taux des minéraux,
- améliore la digestibilité des protéines du sorgho,
- améliore la composition et le taux des acides aminés essentiels,
- augmente la digestibilité de l'amidon.

La technique de maltage comprend trois étapes (Figure 1). Le trempage est la première étape. Il consiste à nettoyer et tremper les grains de céréale dans de l'eau potable. Le matériel végétal prend le nom de malt vert à la fin du trempage. La germination est l'étape à laquelle la plantule va croître. Le malt vert sera exposé au soleil ou soumis à une autre source de chaleur pour être séché, c'est l'étape de séchage, elle met fin au développement du malt vert. Le malt obtenu est conditionné et stocké.

### **2-3-1 Le Trempage.**

Le trempage est la première opération de maltage. Il a pour but principal de fournir au grain les quantités d'eau et d'oxygène qui seront nécessaires à la germination. Il vise à nettoyer le grain de sorgho par lavage, en enlevant les grains légers et certaines impuretés <sup>9</sup>. Il y a trois types de trempage. Le trempage par immersion, le trempage alcalin et le trempage par aspersion.

L'obtention du malt de qualité nécessite un bon nettoyage des grains à malter. Les grains mal nettoyés favorisent la prolifération des microorganismes et par conséquent une production de malt de qualité médiocre.

Une teneur en eau de 35% au minimum à la fin du trempage permet une bonne germination. Cette teneur favorise la prolifération des microorganismes<sup>4</sup>. Cela justifie encore la nécessité d'un bon nettoyage pendant le trempage des grains de sorgho.

Plusieurs facteurs influencent la qualité du malt de sorgho au cours du trempage. Ces facteurs sont, la durée de trempage, la température de trempage et l'aération des grains pendant le trempage. La durée et la température de trempage ont un impact significatif sur le pouvoir diastasique<sup>4</sup>. Les températures et les durées optimales de trempage des grains de sorgho sont de 25 – 30 °C et 16 – 40 heures<sup>4</sup>. Ces températures appliquées à ces durées pendant le trempage offrent des malts de qualité. L'aération des grains de sorgho au cours du trempage favorise la production de malt de qualité<sup>4</sup>. L'obtention des malts de qualité demande une attention particulière à prendre sur les facteurs qui influencent la qualité du malt au cours du trempage. Les malteurs doivent mettre en œuvre toutes les techniques visant à créer les conditions de trempage pour une production de malt de qualité.

### **2-3-2 Le trempage en milieu alcalin.**

La trempage alcaline consiste à utiliser une solution basique comme eau pendant le trempage. Cette trempage améliore la qualité du malt.

Le trempage en milieu alcalin réduit les polyphénols dont les tanins du sorgho, réduit la charge microbienne des malts de sorgho et les pertes dues au maltage de sorgho, augmente les acides aminés libres, améliore la friabilité et la filtrabilité des malts de sorgho, augmente le pouvoir diastasique des malts de sorgho<sup>4</sup>. Les tanins sont des composés phénoliques qui affectent l'hydrolyse de l'amidon et des protéines au cours du brassage. Il est par conséquent souhaitable d'inactiver les tanins du sorgho destiné au brassage.

Le trempage des grains de sorgho dans 0,1% de Ca (OH)<sub>2</sub> augmente le pouvoir diastasique de 10,5 à 16 SDU/g. Cependant les concentrations élevées (0,3% et 0,5% de Ca (OH)<sub>2</sub>) n'ont aucun effet sur le pouvoir diastasique du malt<sup>10</sup>. Le trempage des grains de sorgho a été suivi dans 0,1% et 0,2% de Na (OH). Il a été observé une augmentation du pouvoir diastasique (16,2 SDU/g) dans 0,1% de Na (OH) et une diminution (14 SDU/g) dans 0,2% de Na (OH). A la concentration de 0,3% de Na (OH) le pouvoir diastasique est réduit à 3,8 SDU/g<sup>10</sup>.

Ezeogu et Okolo en 1996 montrent que le trempage des grains de sorgho dans 0,1% de Na (OH) améliore l'activité beta amylasique du malt. Okungbowa et al en 2002 trouvent que le trempage dans 0,1% de Ca (OH)<sub>2</sub> augmente en général l'activité beta amylasique. A la concentration 0,1% de K (OH) ils obtiennent l'effet opposé. Le trempage des grains de sorgho dans 0,2 % de Na (OH) est une méthode recommandée dans le contrôle des contaminations bactériennes et fongiques au cours du maltage<sup>10</sup>. Le trempage en milieu alcalin nécessite la

présence des ions calcium, sodium et potassium. L'efficacité de ses ions au cours du trempage des grains de sorgho réside dans leurs concentrations en solution. Les ions calcium et sodium sont des activateurs de pouvoir diastasique des malts de sorgho tandis que les ions potassium sont des inhibiteurs de pouvoir diastasique.

### **2-3-3 La Germination**

La germination est la plus longue étape du maltage. C'est au cours de la germination que va croître la plantule qui a commencé à pointer à la fin du trempage.

La germination a pour but de produire des enzymes qui sont indispensables aux transformations que doit subir le grain pendant le maltage (désagrégation, formation des sucres, solubilisation des matières azotées) <sup>11</sup>.

Des modifications physiologiques importantes se déroulent pendant la germination, il s'agit de la synthèse des amylases, des protéases et des enzymes endogènes. C'est au cours de la germination que l'endosperme dur du grain de sorgho devient friable.

L'humidité, la température, la durée de germination et la disponibilité en oxygène sont des facteurs qui ont un impact sur la qualité du malt pendant la germination <sup>4</sup>. La température optimale de germination du sorgho se situe entre 25 – 28 °C. Ces températures permettent une bonne germination des grains de sorgho. Une humidité relative et une bonne disponibilité en oxygène favorisent la respiration du malt vert pendant la germination. Par conséquent le malt vert sera étalé dans un endroit bien aéré et propre.

L'arrosage et le retournement pendant la germination sont d'autres opérations qui ont une influence sur la qualité du malt <sup>12</sup>. Les retournements permettent une germination homogène du malt vert. L'arrosage apporte l'eau nécessaire à la vie de la plantule et certains éléments nutritifs.

La production de malt de qualité demande une bonne énergie germinative des grains de sorgho. Une énergie germinative supérieure à 90 % est recommandée <sup>4</sup>.

### **2-3-4 La technique de maltage**

En Afrique du sud deux méthodes différentes de germination sont utilisées pour les malts destinés à la commercialisation. La germination sur aire et la germination pneumatique.

La germination sur aire consiste à étendre les grains sur des aires dans un vaste local ou dans un germoir. La germination sur aire interne se déroule dans une enceinte couverte tandis que dans la germination sur aire externe, les grains sont germés à l'air libre.

Au cours de la germination sur aire, les grains sont mis en couche d'épaisseur de 10 à 30 cm. Les grains sont recouverts afin d'éviter la déshydratation des grains et d'empêcher les oiseaux et les rongeurs d'endommager le malt vert. Le malt vert est arrosé périodiquement.

Le malteur joue sur l'épaisseur des couches, la fréquence de l'arrosage et l'aération du germoir dans le but de contrôler la température, l'humidité et l'aération du grain. La couche du malt vert est épaisse en hiver et mince en été. Toutes ces opérations visent à limiter l'élévation de la température et le dessèchement du grain en germination.

L'absence de retournement au cours du maltage favorise la montée en température du malt vert. Cela occasionne le développement des bactéries et offre au malt une mauvaise qualité. Le non retournement au cours de la germination engendre une germination hétérogène<sup>4</sup>.

La germination pneumatique se déroule communément dans des saladins. Le saladin est une case formée de deux murets, réunis par un fond perforé où repose le grain en couche de 1-1,5 m. La germination pneumatique met en oeuvre les conditions théoriques d'une bonne germination. Au cours de la germination l'élimination du gaz carbonique et le refroidissement sont réalisés grâce à un courant d'air saturé d'humidité et bien réglé. Un retournement du malt vert permet de faire passer successivement les différentes parties de la couche en contact avec l'air. Généralement la germination pneumatique produit des malts de meilleure qualité. La germination pneumatique réduit la prolifération microbienne au cours du maltage<sup>4</sup>.

### **2-3-5 Le séchage.**

Le séchage est l'étape finale du processus de maltage. Il consiste à sécher le malt vert afin d'arrêter la germination. Le séchage réduit l'humidité et l'activité de l'eau du malt vert. Au cours du séchage le malt vert est séché à une température de 50°C environ pendant 24 heures. Le taux d'humidité du malt obtenu dans ces conditions de séchage se situe autour de 10 %<sup>4</sup>.

Le malt vert, étendu sur un support (terrasses, nattes, films plastiques) est exposé au soleil ou soumis à une autre source de chaleur pour sécher.

Une température de 50 à 55°C, une durée de 24 heures de séchage en moyenne et une protection contre les contaminations sont les meilleures conditions de séchage <sup>4,13</sup>.

### **2-3-6 L'ébarbage ou polissage**

Le polissage ou l'ébarbage du malt de sorgho est l'élimination des radicules et des tigelles.

Au Burkina Faso, il vise principalement la réduction de l'amertume et de l'astringence du dolo. L'ébarbage facilite la mouture du malt. Il est fait à la main ou au mortier ou encore dans un sac que l'on bat. Les radicules et les tigelles du malt de sorgho servent d'adjuvant de filtration au cours du maltage et leur élimination totale n'est pas souhaitable <sup>9</sup>. Dans certains pays comme le Burkina Faso les radicules sont utilisées pour augmenter l'astringence du dolo. Elles jouent un rôle important lors de l'opération de filtration pendant le brassage.<sup>3</sup>

### **2-3-7 Le stockage et la conservation.**

Le malt est stocké dans des sacs, mais aussi dans des canaris, paniers et fûts. Le malt de sorgho se conserve pendant 6 mois lorsqu'il est stocké dans de bonnes conditions. La durée optimale de conservation est de 2 mois dans les conditions usuelles de stockage au Burkina Faso.

### **2-3-8 La qualité du malt.**

La qualité du malt est mesurée par le pouvoir diastasique, la teneur en acide aminé libre, la teneur en extrait et les pertes au maltage, sa friabilité et sa filtrabilité <sup>5,12</sup>.

Le bon malt a des bonnes qualités technologiques, biochimiques et microbiologiques.

Au Burkina Faso, quatre critères permettent de caractériser un bon malt de sorgho selon les malteuses et les dolotières. Il s'agit de la teneur en eau, du taux de radicules, du pouvoir diastasique et de la filtrabilité. Ces critères sont appréciés par les utilisatrices au toucher pour le niveau de séchage, visuellement pour le taux de radicules, à la mastication pour le pouvoir diastasique et la filtrabilité. Pour ces deux derniers critères, un bon malt doit avoir un goût sucré preuve d'une bonne germination et être friable à la mastication, preuve d'une bonne désagrégation et d'une bonne filtrabilité <sup>3</sup>. Au Burkina Faso, un cahier de charge défini par l'IRSAT pour un malt de sorgho destiné à la production de dolo donne une teneur en eau des malts à 11 % au maximum, un pouvoir diastasique de 70 UDP et un taux de radicule de 15 % au maximum<sup>15</sup>.

### **2-3-9 Le maltage au Burkina Faso.**

Le maltage des grains de sorgho passe par les trois étapes de production de malt. Il se déroule sur aire ou dans des canaris en terre cuite<sup>3</sup>. Ces techniques de maltage varient d'une région à l'autre. La germination sur aire est plus indiquée grâce à sa grande capacité de production, les conditions de travail plus aisées et meilleure hygiène de la production.

Dans certaines régions du Burkina Faso, il y a la trempe continue et la trempe alternée. La trempe alternée est une succession d'une période sous eau et une période sous air. La trempe alternée dure 24 heures en moyenne et chaque période ayant une durée de 12 heures<sup>3</sup>. Pendant la trempe continue les grains de sorgho sont immergés pour une durée de 24h.

Le grain de sorgho a une teneur eau de l'ordre de 9 %. Cette teneur en eau atteint 40 – 45 % au bout de 12 heures de trempage. C'est la teneur minimale pour une bonne germination<sup>7</sup>. La trempe alternée est plus indiquée. Elle permet aux grains de sorgho d'être aéré au cours de la période sous air et éviter ainsi l'asphyxie des grains trempés.

Le trempage peut être réalisé dans l'eau ou dans une solution alcaline par addition de cendre de bois dans l'eau de trempage. Cette méthode de trempage en milieu alcalin vise selon les dolotières à limiter le renforcement de la couleur rouge - brique et de l'amertume du malt de sorgho rouge<sup>3</sup>. Ces résultats sont en concordance avec d'autres travaux du maltage en milieu alcalin.

Il a été recensé deux types de germination. La germination basse température et la germination haute température<sup>9</sup>. La germination basse température est la phase de base réalisée dans tous les procédés de maltage. Les opérations au cours de la germination basse sont la mise en couche, les arrosages, les lavages et le recouvrement de la couche de grain.

Les températures élevées accélèrent le développement des parties de la plantule (racines, tiges et feuilles) et épuisent rapidement l'amidon contenu dans le grain. Les basses températures provoquent le phénomène inverse<sup>7</sup>. Les relevés de température ont montré que l'arrosage provoque une chute de température pouvant atteindre 15°C<sup>14</sup>. Les températures élevées sont à éviter afin d'obtenir du malt de qualité. La germination basse température dure 2 à 3 jours<sup>3</sup>.

La germination haute température a pour but d'augmenter la teneur en sucre, renforcer la couleur, l'astringence et l'odeur du malt<sup>3</sup>. Pendant la germination haute température, la malteuse évite la déperdition de la chaleur dégagée. Les grains germés sont pressés dans un

panier et couverts avec de nattes ou de sacs de jute ou encore d'une feuille de polyéthylène  
Elle est pratiquée dans certaines régions du Burkina Faso

Le taux des sucres réducteurs est augmenté dans les malts qui ont subi une maturation <sup>7</sup>.

La germination haute température dure 1 à 2 jours, les précautions à prendre se résument à éviter une humidité trop forte des grains de sorgho germés. Une forte humidité favorise un développement important de moisissures et une fermentation. L'évolution de la température au cours de cette phase de la germination dépend essentiellement de l'activité biologique du grain en germination et des conditions extérieures <sup>14</sup>.

Les accidents de maltage de sorgho liés au non germination des grains, la fermentation acide au cours de la germination et le développement des moisissures<sup>9</sup>. Ces accidents lorsqu'ils ont lieu donnent des malts de sorgho de mauvaise qualité. Toutes les précautions sont à prendre afin de minimiser ces accidents au cours du maltage.

Quatre procédés de maltage sont à recenser au Burkina Faso. Le trempage continu suivi de la germination basse température, le trempage continu suivi de la germination basse température et haute température, le trempage alterné suivi de la germination basse température et le trempage alterné suivi de la germination basse et haute température.

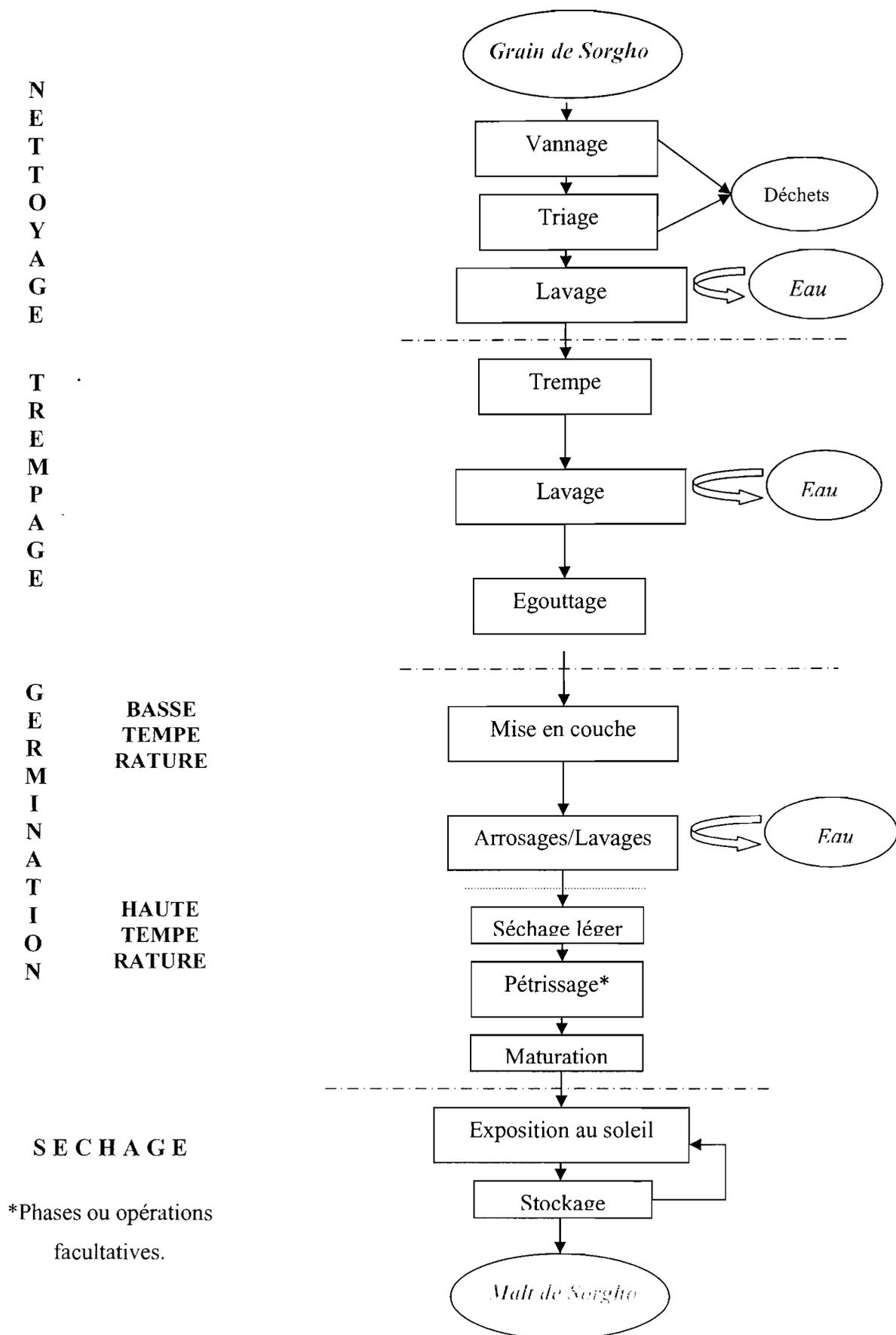


Figure 1 : Diagramme général de fabrication de malt de sorgho <sup>15</sup>

# MATERIEL ET METHODES

## **3-1 Le matériel**

### **3-1-1 Le matériel biologique.**

Vingt-cinq kilogrammes de sorgho rouge de variété inconnue ont été achetés au marché de céréales de la ville de Ouagadougou en début de saison des pluies. A l'achat, le sorgho contenait des impuretés (grains de sorgho perforés, cailloux, etc.).

### **3-1-2 L'eau.**

L'eau utilisée est une eau de forage. Elle a servi à préparer les différentes solutions de trempage et à toutes les opérations nécessitant de l'eau.

### **3-1-3 Les solutions de trempage**

Un extrait aqueux de cendres de bois a été obtenu par filtration et les différentes concentrations (pH) ont été obtenues par dilution. La collecte des cendres a été effectuée auprès d'une dolotière qui achète différentes essences de bois pour le brassage.

## **3-2 Les méthodes**

### **3-2-1 La détermination du taux d'humidité et d'impureté du sorgho.**

Le taux d'humidité du sorgho est obtenu grâce à un thermo-hygromètre de marque WILE 65 à affichage numérique. Cent grammes environ de matériel biologique est introduit dans un bocal de l'appareil. Le bocal est refermé avec un couvercle jusqu'au trait de jauge. Une simple lecture sur l'écran de l'appareil donne le taux d'humidité du sorgho.

Cent grammes de sorgho ont été prélevés du lot destiné au maltage et triés. Un rapport du poids des impuretés sur les 100g de sorgho détermine le taux d'impureté.

### **3-2-2 Taux de germination et énergie germinative.**

Dans une boîte de pétri cinquante grains de sorgho sont insérées entre deux papiers filtre. Il est ajouté 5ml d'eau dans la boîte de pétri. L'essai est répété 4 fois. Le taux de germination est déterminé 4 jours après la germination et l'énergie germinative 7 jours après germination.

Taux de germination = [(50 grains de sorgho) – (nombre de grains germés)] / (50 grains de sorgho).

Energie germinative = [(50 grains de sorgho) – (nombre de grains germés)] / (50 grains de sorgho).

### **3-2-3 La détermination du calcium, du sodium et du potassium par spectromètre d'émission de flamme.**

Il a été déterminé trois éléments minéraux qui sont le calcium, le sodium et la potassium.

La norme NF T90-019 (Août 1984) décrit une méthode de dosage du calcium, du sodium et du potassium par spectrométrie d'émission à flamme. Le principe de cette détermination est basé sur l'atomisation de l'élément recherché dans la flamme d'un spectromètre d'émission à flamme.

- **L'étalonnage** : La mesure s'effectue après l'établissement d'une courbe d'étalonnage. La courbe d'étalonnage est directement établie par le spectromètre en faisant apparaître la densité optique en fonction de la concentration des étalons.
- **La mesure des teneurs des échantillons** : 5ml environ d'échantillon placé dans un tube de 10ml est aspiré au moyen d'un capillaire par le nébulisateur. Au bout du nébulisateur, du gaz est éjecté sous pression et l'échantillon est pulvérisé en aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre dans la chambre de nébulisation. Son rôle est d'éclater les gouttelettes et éliminer les plus grosses. Les fines gouttelettes pénètrent dans le brûleur puis dans la flamme. Le solvant des fines gouttelettes est éliminé. Il ne reste que les sels et particules qui sont fondus et atomisés. L'évaluation de la teneur de chaque élément s'est effectuée par la mesure directe de l'absorbance de la prise d'essai puis la détermination de la concentration à partir de la courbe d'étalonnage.
- **L'expression des résultats** : Les résultats du calcium, du sodium et du potassium ont été exprimés en milligramme par litre d'échantillon.

### **3-2-4 Le procédé de maltage**

Le procédé de maltage est le trempage alterné suivi de la germination basse température et haute température

### **3-2-4-1 Le trempage**

Les grains de sorgho nettoyés sont lavés et rincés avec 4 litres d'eau. L'opération est répétée 3 fois. Après lavage les grains sont immergés pendant 12 heures dans une solution de pH 7 – 8 - 8,5 – 9 - 9,5 ou 10 (période sous eau) puis aérés pendant 12 heures (période sous air)

### **3-2-4-2 La germination**

#### **3-2-4-2-1 La germination basse température**

A la fin de la période sous air tous les grains sont lavés et mis en couche de 5cm environ sur une surface carrelée. Ils sont arrosés en moyenne 4 fois par jour à 6 heures d'intervalle avec 2 litres d'eau. Au bout de 48 heures le malt vert est lavé avec 8 litres d'eau.

#### **3-2-4-2-2 La germination haute température**

La germination haute température a commencé par un séchage léger du malt vert pendant 2 heures de temps. Le malt vert est tassé dans un sac pour garder la chaleur et favoriser la maturation. La germination haute température dure 24 heures.

### **3-2-4-3 Le séchage**

Le malt vert séché au soleil pendant 24 heures.

### **3-2-5 Détermination du taux d'humidité et de radicelle du malt.**

Le taux d'humidité des malts est déterminé de la même manière que la détermination du taux d'humidité du sorgho. Le taux de radicules est déterminé de la façon suivante : 100 g de malt est pesé. Le malt est ensuite ébarbé et pesé de nouveau. Le taux de radicules est déterminé par :

$$\text{Taux de malt} = [(100 \text{ g de malt}) - (\text{poids de } 100 \text{ g de malt ébarbé})] / (100 \text{ g de malt})$$

### **3-2-6 Le dosage du pouvoir diastasique du malt de sorgho.**

Le pouvoir diastasique du malt est l'activité de l' $\alpha$ -amylase, de la  $\beta$ -amylase et de la  $\beta$ -glucanase déterminée dans des conditions opératoires définies.

## **Le principe**

Cette méthode consiste à mesurer l'activité enzymatique à pH 5 sur une solution d'amidon soluble pendant 30 min à 40 °C par dosage des sucres réducteurs et des fonctions réductrices libérées lors de la réaction par l'acide 3,5 – dinitrosalicylique à 100 °C pendant 10 min.

## **Le matériel**

- Deux bains – maries : un avec agitation à 40 °C, et l'autre à 100 °C ;
- Des micropipettes variables : 1 ml, 5 ml ;
- Des fioles de 50, 200 ml et des béchers de 50, 100, 200, 500, 800 ml ;
- Agitateur magnétique ;
- Tubes à essai ;
- Spectrophotomètre et cuves.

## **Le mode opératoire.**

### **L'extraction des enzymes**

Peser 0,5 g de malt au mg près le mettre dans un flacon à vis puis ajouter 50 ml de l'eau distillée (Concentration enzymatique = 0,5 g/50 ml). Boucher et extraire les enzymes pendant 1 h au bain-marie à 40°C en agitant efficacement.

### **Le dosage des enzymes**

Filtrer l'extrait et prélever 0,5 ml du filtrat dans une fiole jaugée de 50 ml et compléter au trait avec de l'eau distillée (Dilution = 1/100). Cet extrait servira de solution enzymatique pour le dosage selon le procédé suivant.

*N.B.* : La dilution de l'extrait enzymatique doit être ajustée afin d'obtenir la concentration minimale de 1,5 mg equiv. maltose/ml. Dans le cas du malt la dilution peut être plus importante (0,25 ml dans 50 ml ou plus).

**Tableau 1 : Protocole et quantités de réactifs (en ml) utilisés dans la méthode de dosage du pouvoir diastasique et de l'activité  $\alpha$ -amylasique.**

	<b>Blanc gamme (2 tubes)</b>	<b>Gamme étalon (7 tubes)</b>	<b>Blanc dosage (2 tubes)</b>	<b>Dosage (3 tubes)</b>
<b>Préparation des milieux</b>				
Etalon maltose (eau distillée)	(0,5)	0.5		
Solution d'amidon			0.5	0.5
Solution tampon pH 5,0	1,0	1,0	1.0	1.0
<i>Placer les tubes (milieux et solution enzymatique) pendant 5 min à 40°C</i>				
<b>Réaction enzymatique</b>				
Solution d'extraction	0.5	0.5		
Solution enzymatique				0.5
<i>Incubation 30 min à 40°C</i>				
Acide DNS (arrêt de la réaction enzymatique)	1.0	1.0	1.0	1.0
Solution enzymatique			0.5	
<b>Coloration</b>				
Réaction DNS	<i>Bain-marie bouillant 10 min</i>			
<b>Arrêt réaction de la coloration</b>	<i>Mettre les tubes dans une bassine d'eau froide pendant une minute</i>			
<b>Ajout H<sub>2</sub>O</b>	<b>5</b>			
Mesure DO	<i>Lecture à 540 nm</i>			

### L'expression des résultats

$$\text{Activité enzymatique} = \frac{([\text{maltose } T_{30}] - [\text{maltose } T_0]) * \text{Volume Substrat}}{\text{Temps réactionnel} * \text{Conc. Extrait Enz.} * \text{Volume Extrait Enz.}} \quad (\text{Eq 1})$$

Où :

- $[\text{maltose } T_{30}] - [\text{maltose } T_0]$  = concentration moyenne en équivalent maltose après 30 min de réaction (dans les essais) – concentration moyenne en équivalent maltose après 0 min de réaction (dans les «blancs»), en mg maltose / ml, calculée grâce au coefficient directeur de la droite obtenue lors de la réalisation de la gamme  $[\text{maltose}] = f(\text{DO})$
- Vol substrat = volume de substrat, en ml (ici 0,5)
- Temps réactionnel, en min (ici, 30)
- Concentration Extrait Enz = concentration en malt de l'extrait enzymatique, en g de malt / ml (ici la concentration est :  $1/100 * 1/100$ )
- Vol extrait enz = volume de l'extrait enzymatique, en ml (ici 0,5)

En tenant compte de toutes ces valeurs on obtient :

$$\text{Activité enzymatique} = \frac{(\text{moy} [\text{maltose } T_{30}] - \text{moy} [\text{maltose } T_0]) * 0,5}{30 * PE / (D1 * D2) * 0,5} \quad (\text{Eq 2})$$

que l'on ramène à la base sèche du malt à :

$$\text{Activité enzymatique} = \frac{(\text{moy} [\text{maltose } T_{30}] - \text{moy} [\text{maltose } T_0]) * (D1 * D2)}{30 * PE * MS} \quad (\text{Eq 3})$$

Avec :

- $D_1$  = volume de l'extrait mère
- $D_2$  = facteur de dilution de l'extrait mère.
- $MS$  = matière sèche.

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

#### **4-1 Le taux d'humidité et d'impureté du sorgho.**

Le taux d'impureté du sorgho est de 1,1 % et le taux d'humidité de 10,9 %. Ces taux sont conformes au taux spécifiques de production de malt destiné à la production du dolo, le taux d'humidité recommandé est de 12 % au maximum<sup>15</sup>.

#### **4-2 Taux de germination et énergie germinative**

La valeur du taux de germination et l'énergie germinative est identique. Elle est de 99 %. Les valeurs recommandées pour la production du malt de qualité sont de 90 %<sup>4</sup>.

#### **4-3 Les analyses des teneurs en calcium, sodium et potassium de la solution de trempage.**

L'extrait aqueux des cendres de bois (solution mère) a un pH = 10,29 et l'eau de forage à un pH = 7. Les analyses montrent les teneurs en ions calcium, sodium et potassium des solutions de trempage.

- Les teneurs en calcium ne varient pas de pH 8 à 9,5. A pH 10 la teneur en ions calcium est presque identique à celle de l'eau (pH = 7). Ces teneurs sont plus faibles qu'aux autres pH alors qu'elle est obtenue par une dilution faible de la solution mère. Ce qui paraît anormal puisque les différentes solutions sont obtenues par dilution d'une même solution mère, l'extrait aqueux des cendres de bois. Sous réserve des analyses minéralogiques la teneur à pH = 10 est la plus basse malgré la dilution de la solution. (Tableau 2).
- Les teneurs en sodium ont une évolution logique. Cette teneur a presque doublé à pH = 10 (Tableau 2).
- La teneur en ion potassium est croissante de pH = 7,00 à pH = 10,00. Toutes les teneurs en ion potassium sont inférieures à 0,10 % (soit 10 000 mg/l) sauf à pH=10,00 où la teneur est de 0,31 % (310 000 mg/l (Tableau 2).

Ces 3 ions coexistent dans les solutions de trempage. Cela pourrait expliquer l'existence d'un équilibre ou une interaction entre les ions calcium, sodium.

**Tableau 2 : Concentration en mg/l des ions calcium, sodium et potassium**

pH	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
7	14	14,6	4,5
8	29	17	130
8,5	29	17	186
9	28	17,7	333
9,5	28	19	624
10	16	32	3080

#### **4- 4 Les analyses du procédé de maltage UMAO.**

Trois étapes et plusieurs opérations ont matérialisé le procédé de maltage. Le trempage (période sous eau et période sous air), la germination (germination haute température et la germination basse température) et le séchage (figures 3 à figure 11).

Les plages de température et la durée sont conformes aux températures et aux durées optimales de trempage des grains de sorgho <sup>4</sup> (Tableau 3).

Les plages de température pendant la germination basse température excèdent la plage de température optimale de germination <sup>4</sup>. Cela justifie les arrosages et lavages pendant la germination basse température. Ces opérations font chuter la température du malt vert de sorgho <sup>12,14</sup> (Tableau 3).

A la fin de la germination haute température, le malt vert dégage des caractéristiques organoleptiques propres au malt. La température de séchage se situe dans la plage température de séchage de malt <sup>4,13</sup> (Tableau 3).

**Tableau 3 : Durées et températures de maltage de la première série.**

Étapes		Premier série		Deuxième série	
		Durée (h)	Température (°C)	Durée (h)	Température (°C)
<b>Trempage</b>	Période sous eau	12	26,5 - 28,0	12	28,2 - 28,8
	Période sous air	12	27,0 - 28,6	12	27,1 - 28,2
<b>Germination</b>	Germination basse température	72	1 <sup>er</sup> jour : 27,4 - 30,1 2 <sup>ème</sup> jour : 26,4 - 30,2 3 <sup>ème</sup> jour : 27,1 - 28,2	72	1 <sup>er</sup> jour : 28,2 - 30,1 2 <sup>ème</sup> jour : 25,1 - 29,5 3 <sup>ème</sup> jour : 28,5 - 31,2
	Germination haute température	24	35,0 - 48,4	24	40,0 - 47,7
<b>Séchage</b>		2 x 8	52	2x8	50

#### 4-5 Les caractéristiques du malt de sorgho.

Le taux d'humidité des malts de sorgho obtenus 7,0 %. Il permet une bonne conservation des malts de sorgho (Tableau 4). Les malts séchés ont un taux d'humidité inférieur à 10 %. Ce chiffre est en conformité avec la spécification des malts de sorgho destinés à la production du dolo<sup>15</sup>.

Le taux de radicelle de tous les essais est inférieur à 15 %. (Tableau 4). Ce taux est conforme à la spécification de production de malt de sorgho destiné à la production de dolo<sup>15</sup>.

**Tableau 4 : Taux de radicelle et taux d'humidité du malt de sorgho**

pH	Taux d'humidité %	Taux de radicelle %	Taux d'humidité %	Taux de radicelle %
Série N°1			Série N°2	
7,00	7,0	13,74	7,0	12,82
8,00	7,0	10,72	7,0	8,20
8,50	7,0	12,88	7,0	8,98
9,00	7,0	12,58	7,0	9,80
9,50	7,0	9,54	7,0	9,74
10,00	7,0	13,8	7,0	10,92

#### 4-6 Le pouvoir diastasique

La variation des courbes de pouvoir diastasique des deux séries sont identiques (Figure 2). Les échantillons de la première série ont eu un pouvoir diastasique plus élevé que la seconde. Il y a une croissance des deux courbes de pH = 7 à pH = 8,5. Elles atteignent un maximum en un point commun pH = 8,5. Les courbes décroissent après pH = 8,5. La courbe de la première

série atteint son minimum à  $\text{pH} = 9$  tandis que la seconde l'atteint à  $\text{pH} = 9,5$ . Les courbes reprennent une croissance à partir de leur minimum et atteignent un point élevé à  $\text{pH} = 10$ .

Les ions calcium et sodium sont des activateurs d'activité amylasique à des teneurs de 0,10 % (soit 10 000 mg/l) tandis que les ions potassium sont des inhibiteurs à toutes les teneurs. Les faibles teneurs en potassium inhibent faiblement l'activité enzymatique et les fortes teneurs l'inhibent davantage. Les  $\text{pH} 8$  et  $8,5$  correspondent aux teneurs de 29 mg/l de calcium (soit 0,0029 %), 29 mg/l de sodium. Le  $\text{pH} 8$  correspond à 130 mg/l (soit 0,013 %) de potassium et le  $\text{pH} 8,5$  à 186 mg/l (soit 0,0186 %). Les teneurs des ions activateurs pris individuellement sont inférieures à la teneur d'activation de l'activité amylasique.

Aux  $\text{pH} 8$  et  $8,5$  les ions calcium et sodium pourraient atténuer l'effet d'inhibition des ions potassium. Ce qui peut expliquer la croissance du pouvoir diastasique à  $\text{pH} 8$  et  $8,5$ .

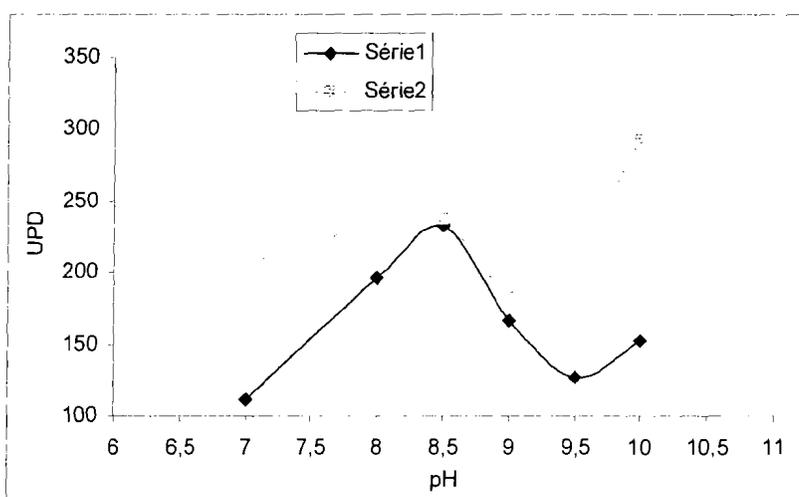


Figure 2 : Courbes d'évolution des pouvoirs diastasiques des malts de sorgho.



Figure 3 : Période sous eau



Figure 4 : Période sous air

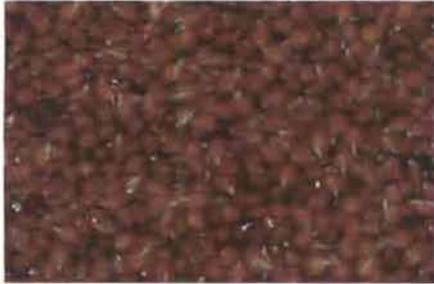


Figure 5 : Pointe blanche à la fin du trempage



Figure 6 : 24 h après GBT



Figure 7 : 48 h après GBT



Figure 8 : 72 h après GBT



Figure 9 : GBT



Figure 10 : Malt de sorgho rouge

T  
R  
E  
M  
P  
A  
G  
E

G  
E  
R  
M  
I  
N  
A  
T  
I  
O  
N

S  
E  
C  
H  
A  
G  
E

BASSE  
TEMPE  
RATURE

HAUTE  
TEMPE  
RATURE

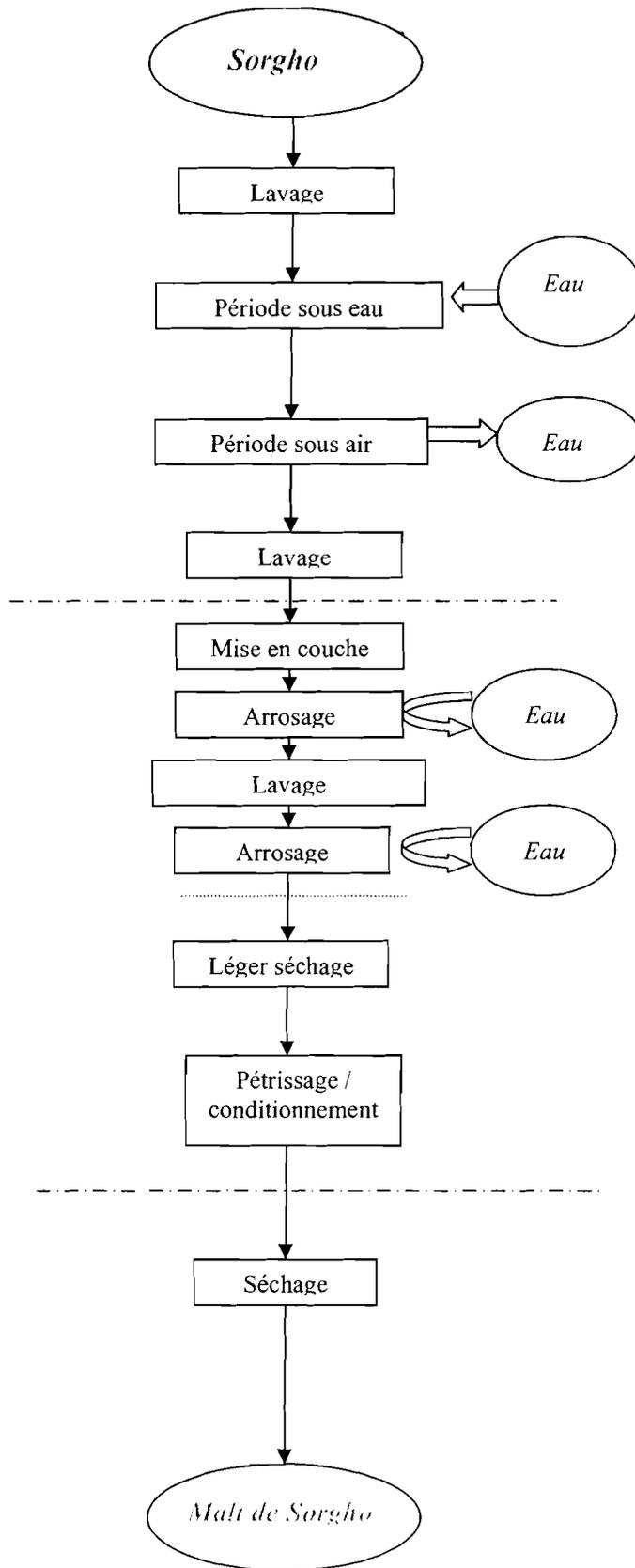


Figure 11 : Diagramme de maltage de sorgho

# **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

Les céréales constituent la base de l'alimentation au Burkina Faso. Le sorgho rouge est la céréale utilisée dans la production du dolo et de la farine infantile. C'est une denrée qui mérite alors d'être valorisée. Le maltage en milieu alcalin améliore le pouvoir diastasique des malts de sorgho.

Les analyses des pouvoirs diastasiques permettent de tirer certaines conclusions. On constate qu'à pH compris entre 8 et 8,5, le pouvoir diastasique des malts de sorgho est très élevé.

Le trempage alcalin par utilisation des extraits de cendres de bois est une technique traditionnelle qui mérite d'être améliorée. Les cendres de bois ont une composition minéralogique complexe. L'unité gagnerait à malter à pH compris entre 8 et 8,5, en utilisant des extraits de cendres de bois. En attendant des études plus avancées sur les cendres de bois, il serait préférable d'essayer d'autres sources de calcium ou de sodium qui ont une teneur négligeable en potassium. L'utilisation du sel de cuisine en est un exemple. Le sel n'est pas coûteux et contient une teneur élevée en sodium. L'utilisation des cendres de bois a d'autres impacts sur le malt de sorgho. Il s'agit entre autre de la réduction des tanins.

Le pH d'une solution se rapporte à la richesse de la solution en quantité et en qualité des minéraux qui la compose. Bien que le milieu soit alcalin, les teneurs en ion calcium et sodium ne sont pas à la concentration idéale de malt à pouvoir diastasique élevé.

L'étude doit se poursuivre afin de valoriser certaines techniques de maltage dites traditionnelles.

## BIBLIOGRAPHIE :

1. FAO (Food and Agricultural Organization), (2006). FAOSTAT Agricultural database 2006. <http://WWW.faostat.fao.org/faostat> accédé le 26/09/08
2. Ouédraogo Issoufou, 2008. Mémoire : comparaison des paramètres physico-chimiques des dolos de Ouagadougou.39p
3. Bougouma B., 2006. Enquête sur les procédés de maltage et de brassage traditionnels dans les régions du centre, du centre -sud et du centre –est du Burkina Faso. Rapport IRSAT/Département technologie Alimentaire, Ouagadougou, Burkina Faso, 38p
4. Mathoto Lydia Lefyedi, 2007. Control of microbial proliferation on sorghum during malting.137p.
5. Dewar J., Taylor J.R.N and Berjak P., 1997. Determination of Improved Steeping Conditions for Sorghum Malting. *Journal of cereal science* **26**, 129-131.
6. Marie Renan, 2001. Etude des conditions de maltage du sorgho : Mise au point d'analyse de la qualité des malts et mise en évidence de certains facteurs, 91
7. Traoré T., Mouquet C., Icard-Vernière C., Traoré A. S. et Trèche S. 2004. Changes in nutrient composition, phytate and cyanide contents and alpha-amylase activity during cereal malting in small production units in Ouagadougou (Burkina Faso). *Food Chemistry*, **88**: 105 -114
8. DURAS, 2008. Production de malts de sorgho ou de mil de qualité pour la production alimentaire artisanale ou semi industrielle en Afrique de l'Ouest [fao08.fidafrique.net/sorgho\\_fao08.ppt](http://fao08.fidafrique.net/sorgho_fao08.ppt) Accédé le 29/05/08.
9. Bougouma B., 2006. Evaluation de la qualité des malts traditionnels. Rapport IRSAT/Département technologie Alimentaire, Ouagadougou, Burkina Faso,
10. J R. N. Taylor, Tilman J. Schober and Scott R. Bean, 2006. Novel food and non –food uses for sorghum and millets. Department of Food Science, University of Pretoria, Pretoria 0002, 43p.
11. Jean Vene et H., le Corvaisier, 1997. La bière et la brasserie, Presse universitaire de France, 127p
12. . Morrall, P., Boyd, H. K., Taylor J. R. N and Van der Walt W. H, 1986. Effect of germination time, temperature and moisture on malting of sorghum. *Journal of institute of Brewing* **92**, 439-445

13. Bhise V. J., CHavan J. K. and Kadam S. S, 1988: Effects of malting on proximate composition and in vitro protein and starch digestibilities of grain sorghum. *Journal of Food Science and Technology* **25**, 327-329.
14. Gakoue Cyrille, Oyouomi Kevin et Pelletier Manuel, 2001. Les bières traditionnelles en Afrique. [http://www.houblon.net/?page = article&id\\_article = 995](http://www.houblon.net/?page = article&id_article = 995) Accédé le 29/05/08.
15. Bougouma B, Sawadogo H Diawara B, 2007. Cahiers de charge pour le maltage de sorgho et le brassage du dolo. Rapport IRSAT/Département technologie Alimentaire, Ouagadougou, Burkina Faso 11p