



UNIVERSITE DE
MAHAJANGA

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana – Tanindrazana - Fandrosoana

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MAHAJANGA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT : BIOCHIMIE - MICROBIOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE APPLIQUEE



La culture de l'excellence
Faculté des Sciences



GRAIN
DE BLE

MEMOIRE DE MASTER I

PROMOTION : IDEAL



FARINE



PAIN

N° : 09

LES GRAINS DE BLE :
LEUR VALEUR ALIMENTAIRE ET LEURS PROCEDES
DE TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE EN PAIN

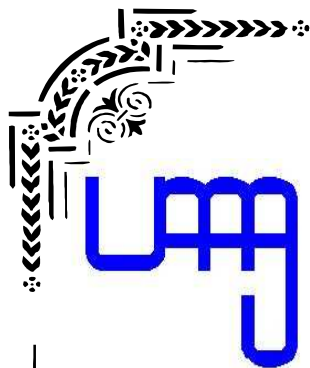
Présenté et soutenu par : Monsieur D'ARVISENET Gabriel

Le 31 Mai 2011

Devant les membres de jury composés de :

- ❖ Président de jury : Docteur MILADERA Jonhson Christian
- ❖ Juge : Docteur PAMPHILE Mananjara
- ❖ Directeur de mémoire : Docteur RAZAFIMAHEFA

Année Universitaire : 2009 – 2010

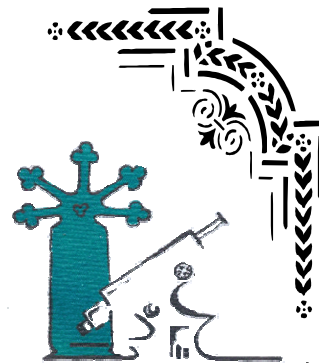


UNIVERSITE DE
MAHAJANGA

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Fitiavana – Tanindrazana - Fandrosoana

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MAHAJANGA
FACULTE DES SCIENCES



La culture de l'excellence
Faculté des Sciences

DEPARTEMENT : BIOCHIMIE - MICROBIOLOGIE

OPTION : BIOTECHNOLOGIE APPLIQUEE



GRAIN
DE BLE

MEMOIRE DE MASTER I
PROMOTION : IDEAL



FARINE



PAIN

N° : 09

LES GRAINS DE BLE :
LEUR VALEUR ALIMENTAIRE ET LEURS PROCEDES
DE TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE EN PAIN

Présenté et soutenu par : Monsieur D'ARVISENET Gabriel

Le 31 Mai 2011

Devant les membres de jury composés de :

- ❖ Président de jury : Docteur MILADERA Jonhson Christian
- ❖ Juge : Docteur PAMPHILE Mananjara
- ❖ Directeur de mémoire : Docteur RAZAFIMAHEFA

Année Universitaire : 2009 – 2010

DEDICACE



« Je dédie spécialement ce travail à mes parents qui m'ont donné le bonheur et la chance d'effectuer ce travail et aussi à tout ce qui m'a soutenu jusqu'à maintenant ».

REMERCIEMENTS



Tout d'abord, je remercie profondément Dieu, grâce à sa Générosité que j'ai pu mettre fin à ce travail. Je tiens aussi à exprimer mes plus vives reconnaissances et sincères remerciements du fond du cœur à :

- ❖ Monsieur le Président de l'Université de Mahajanga Professeur **RABESA Zafera Antoine**, qui est actuellement Ministre de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique. Avec sa compétence, la Faculté des Sciences reçoit plus d'avantage sur le nouveau système de l'éducation ;
- ❖ Monsieur le Doyen de la Faculté des Sciences, Docteur **MILADERA Jonhson Christian** qui nous a encouragés lors de notre étude et qui nous a fait un grand honneur de présider ce mémoire.
- ❖ Monsieur **PAMPHILE Mananjara**, Docteur en Biotechnologie Appliquée, Chef de Département Biochimie-Microbiologie au sein de la Faculté des sciences de l'Université de Mahajanga et à la fois Chef d'Option « Biotechnologie Appliquée » qui a bien voulu nous faire l'honneur, par son accord, dans le jugement de ce travail ;
- ❖ Monsieur **RAZAFIMAHEFA**, Docteur en Biochimie Appliquée, Chef de Service Informatique et de Contrôle interne, Coresponsable de l'Option « Biotechnologie Appliquée » au sein de la Faculté des Sciences de l'Université de Mahajanga, qui a montré sa volonté pour effectuer le travail d'encadreur et qui m'a donné le meilleur de lui-même, n'a ménagé ni son temps, ni sa patience, ni ses conseils durant la réalisation de ce mémoire, malgré ses lourdes tâches.

J'exprime ma gratitude envers tous les enseignants à la faculté des sciences surtout à l'option biotechnologie appliquée parce qu'ils ont beaucoup contribué à la réussite dans ce travail. Je remercie également mes parents et ma famille qui m'ont soutenu moralement et financièrement sans se décourager durant mes études. Et je tiens aussi à remercier toute personne qui a contribué, de loin ou de près, à la réalisation de ce mémoire jusqu'à sa phase finale.

TABLE DES MATIERES

	Pages
Dédicace.....	i
Remerciements.....	ii
Listes des annexes, des photos des figures et des tableaux.....	v
Glossaire.....	vii
Résumé.....	ix
Abstract.....	x
INTRODUCTION.....	1
Première partie : MATERIELS ET METHODES.....	3
1. MATERIELS.....	3
2. METHODES.....	5
Deuxième partie : RESULTATS.....	6
1. SYSTEMATIQUE BOTANIQUE DE BLE.....	6
2. DIFFERENTS TYPES DE BLE.....	6
3. GRAINS DE BLE.....	9
3.1. Caractéristiques et structure des grains de blé.....	9
3.1.1. Caractéristiques.....	9
3.1.2. Structure.....	10
3.2. Composition chimique des grains de blé.....	12
4. PROCEDES DE TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE DES GRAINS DE BLE EN PAIN.....	14
4.1. Transformation des grains en farine.....	14

4.2. Transformation de la farine en pain.....	18
Troisième partie : DISCUSSION :.....	22
CONCLUSION :.....	28

LISTES DES ANNEXES, DES FIGURES, DES PHOTOS ET DES TABLEAUX

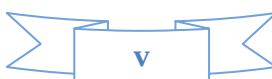


Liste des annexes :

- Annexe 1** : Plante et farine de Blé Noir de Bretagne
- Annexe 2** : 8 étapes de Fabrication du pain
- Annexe 3** : Le CO₂ est libéré par la fermentation alcoolique et piégé dans le réseau de gluten ; il en résulte la levée de la pâte
- Annexe 4** : Le repos de la boule de pâte permet l'action des enzymes et la formation de poches de gaz
- Annexe 5** : Types de farine et pourcentages de blutages
- Annexe 6** : Coopération des amylases de blé et des maltases de levure, fermentation alcoolique des levures et "poussée" du CO₂ sur le réseau de gluten
- Annexe 7** : Pain à la main

Liste des figures :

- Figure 1** : Composition d'un grain de blé..... 13
- Figure 2** : Cycle de fabrication de la farine de blé..... 15
- Figure 3** : Etapes de la mouture..... 16
- Figure 4** : Etapes de la panification..... 18



Liste des photos :

Photo 1	: Trois groupes de blés.....	8
Photo 2	: <i>Triticum aestivum</i> (blé tendre).....	8
Photo 3	: <i>Triticum durum</i> (blé dur).....	8
Photo 4	: Hybridation artificielle du blé.....	8
Photo 5	: Détail du grain de blé.....	11
Photo 6	: Coupe d'un grain de blé.....	11
Photo 7	: Structure de grains de blé tendre et dur.....	11
Photo 8	: Pétrissage.....	19
Photo 9	: Pointage.....	19
Photo 10	: Division et Boulage.....	20
Photo 11	: Détente.....	20
Photo 12	: Façonnage.....	20
Photo 13	: Apprêt.....	21
Photo 14	: Cuisson.....	21
Photo 15	: Défournement et ressuage.....	21

Liste des tableaux

Tableau 1	: Classification de blé.....	7
Tableau 2	: Composition de grain de blé (pour 100g de grain à 10 % d'humidité).....	12
Tableau 3	: Répartition des composants dans le grain de blé.....	13
Tableau 4	: Répartition des éléments minéraux et vitamines dans le son et le germe des grains de blé.....	13
Tableau 5	: Composition chimique de la farine de blé.....	16

GLOSSAIRE



- Acides aminés** : Les acides aminés sont les éléments constitutifs des protéines. Il existe en théorie plusieurs milliers de combinaisons possibles d'acides aminés mais, dans la nature, seule une vingtaine d'entre eux sont synthétisés.
- Acide panthoténique** : Acide pantothénique est un acide de la chimie organique présent dans les tissus animaux et c'est un agent du métabolisme des lipides et des glucides. Cet acide est aussi connu sous le nom de "vitamine B5".
- Amidon** : L'amidon est une substance constituée par l'enchaînement d'un grand nombre de molécules de glucose (sucre). Elle constitue la principale réserve de sucre chez les végétaux.
- Autolyse** : Période de repos de la pâte, en cours de pétrissage (mélange farine et eau seulement ; sans fermentation ni sel).
- Enzyme** : En biochimie, l'enzyme est une protéine de l'organisme qui catalyse spécifiquement de nombreuses réactions chimiques.
- Fermentation** : Transformation biochimique, qui se produit à l'intérieur de la pâte, sous l'action de la levure biologique ou des ferments naturels.
- Fibres alimentaires** : Les fibres alimentaires, ce sont des substances fibreuses provenant des végétaux comestibles (fruits, légumes, céréales), ne pouvant être digérées.
- Gluten** : Le gluten est une partie protéique, visqueuse de réserve des grains et de la farine des céréales.
- Hybridation** : L'hybridation est un croisement entre deux espèces différentes.

- Hybride** : L'hybride est un individu issu d'un croisement (entre deux espèces différentes).
- Levure** : Levure est une poudre utilisée en pâtisserie pour faire lever une pâte et champignon unicellulaire responsable de la fermentation des sucres et de la farine. Dans l'Industrie Agro-Alimentaire, la levure est utilisée pour faire lever le pain.
- Pain à la levure** : **Sur levure** : Il s'agit de la méthode la plus classique. On utilise directement de la levure, généralement 10g de levure fraîche pour 500g de farine. On peut substituer la levure fraîche par de la levure déshydraté. Mais dans les 2 cas, le procédé est le même.
- Pain à la poolish** : **Sur poolish** : Il s'agit d'une sorte d'intermédiaire entre levure et levain. En effet, il s'agit d'utiliser moins de levure, mais avec la poolish, on ne fait qu'un seul pain. On ne la réutilise pas ensuite.
- Pain au levain** : **Sur levain** : Il s'agit de la méthode la plus difficile à mettre en œuvre. Et pour l'instant, je n'ai pas osé me lancer dans cette technique. J'en connais donc uniquement les grands principes. Le levain remplacera la levure, il se crée à partir de farine, eau et sucre ou fruits. On mélange donc ces 3 ingrédients, et on attend la fermentation (le levain gonfle, bulle etc.).
- Phase active** : Période pendant laquelle la pâte est travaillée.
- Phase passive** : Période pendant laquelle la pâte est en repos.
- Plansichters** : Les plansichters sont des tamis géants au bruit impressionnant, qui permettent la séparation de la farine et du grain.
- Semoule** : Semoule est un produit alimentaire plus ou moins granuleux obtenu par concassage de grains de blé dur et entrant dans la composition de différentes préparations culinaires.

RESUME



Dans de nombreux pays, le blé est considéré comme source aliment de base. Ils peuvent être transformés en différents produits dérivés. Cette étude a pour objectif de déterminer la valeur alimentaire des grains de blé et d'analyser les procédés de transformation technologique de ces grains de blé en pain. Le but de cette étude est donc d'avoir d'informations et des données concernant la composition biochimique des grains de blé et les phénomènes physiques, physico-chimiques, biochimiques et biologiques accompagnant les différentes étapes de transformation technologique de ces gains en pains. Pour cela, des matériels et des méthodes d'étude documentaire ont été utilisés. Les résultats obtenus ont montré qu'il existe plusieurs espèces de blé, mais les plus importantes et les plus populaires sont le blé dur et le blé tendre. Le blé tendre est utilisé pour la panification, la pâtisserie et la biscuiterie ; tandis que le blé dur est plus apte à se transformer en semoules. Les grains de blé sont essentiellement des sources d'amidon et, par conséquent, de calories. Ils contiennent aussi d'autres nutriments comme les protéines, les lipides, les éléments minéraux et les vitamines. Avant de confectionner des pains, il faut produire d'abord de la farine à partir des grains de blé, en suivant des étapes de transformation. La farine ainsi obtenue est utilisée dans la panification pour produire des pains. Dans ce cas, différents procédés sont à considérer, mais ils peuvent être regroupés en quatre opérations unitaires : pétrissage, pointage apprêt et cuisson. Différents phénomènes physiques, physico-chimiques, biochimiques et biologiques accompagnent alors ces étapes.

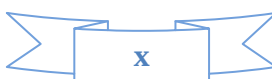
Mots clés : *Grain de blé, Valeur alimentaire, Procédés, Transformation technologique, Farine, Pain.*

ABSTRACT



In many countries, the corn is regarded as food source basic. They can be transformed into various derived products. This study aims to determine the food value of the corn grains and to analyze the processes of technological transformation of these bread corn grains. The goal of this study is thus to have the informations and data concerning the biochemical composition of the corn grains and the physical, physicochemical, biochemical and biological phenomena accompanying the various stages by technological transformation of these bread profits. For that, the materials and methods of documentary study were used. The results obtained showed that there are several corn species, but the most significant and the most popular are the durum wheat and the common wheat. The common wheat is used for panification, pastry making and the biscuiterie; while the durum wheat is ready to be transformed into semolinas. The corn grains are primarily sources of starch and, consequently, calories. They contain also others nutriments like the proteins, the lipids, the biogenic salts and the vitamins. For making breads, it is necessary to initially produce flour starting from the corn grains, while following stages of processing. The flour thus obtained is used in panification to produce breads. In this case, various processes are to be considered, but they can be gathered in four units operations: kneading, pointing, dressing and cooking. Various physical, physicochemical, biochemical and biological phenomena accompany these stages.

Key words: *Corn grain, Food value, Processes, Technological transformation, Flour, Bread.*



INTRODUCTION



Il y a 10 000 ans, à la fin de la dernière glaciation, une plante poussait sur des vastes surfaces au Moyen-Orient et bientôt en Egypte (environ 5000 ans avant J.C.). C'est l'égilope, grande céréale à un rang de grain diploïde à 14 chromosomes, particulièrement rustique, mais peu productive. Elle se rencontre encore au Moyen-Orient. On peut aussi dire que c'est l'ancêtre du blé que nous cultivons aujourd'hui, hexaploïde à 41 chromosomes et apparu spontanément après des accidents de fécondation et par des croisements génétiques **(20)**.

Le terme « blé » peut venir du gaulois « *mlato* », qui devient « *blato* », « farine », équivalent du latin « *molitus* » ou « moulu ». Cette étymologie est cependant contestée et un étymon francique « *blâd* », « produit de la terre », semble plus probable, mais quel que soit l'étymon, il est aussi à l'origine des verbes ancien français bléer, blaver et emblaver, « ensemer en blé ») et désigne les grains qui, broyés, fournissent de la farine **(12)**.

A Madagascar, le blé est appelé « *Varimbazaha* ». Il se rencontre dans des régions ayant une altitude de 0 (soit le niveau de la mer) jusqu'à 1 600 m d'altitude. Pour la culture pluviale, les conditions écologiques favorables à sa croissance sont réunies sur les *Hauts-Plateaux* : *Itasy, Vakinankaratra, Imerina, Betsileo, Lac Alaotra et Ankaizina*. Pour la culture de contre-saison, le blé peut donner de bons rendements à : *Imerina, Vakinankaratra et Betsileo* et avec le concours d'irrigation dans les régions de *Morondava, Lac Alaotra et Bas-Fiherenana-Itasy*. Malgré les multiples types de blé, trois variétés seulement sont cultivés à Madagascar: ANDRY 87, AVOTRA 89 et DANIEL 88 **(15)**.

Depuis 3000 ans avant Jésus Christ, le blé s'impose comme l'aliment essentiel de la civilisation occidentale. C'est une céréale la plus ancienne du monde et la plus consommée au monde. Dans un premier temps, il semble avoir été consommé cru, puis grillé ou cuit sous forme de bouillie, ensuite des galettes sèches élaborées à partir des grains simplement broyés entre deux pierres **(20)**. Actuellement, il se présente sous forme d'aliments à hautes valeurs nutritifs variés : pain, pâtes, biscuits, couscous, blé germé, semoule, etc.

Le pain est généralement fabriqué à partir de la farine de blé, du chlorure de sodium (sel) et de la levure boulangère. Il y a de nombreux atouts : il est riche en glucides complexes et pauvres en graisses ; c'est une bonne source de fibres et il contient des minéraux et des vitamines. Il fournit aussi une quantité non négligeable de protéine. Aliment de tradition, il a longtemps constitué l'un des bases de l'alimentation humaine. Après une longue période de désaffection, il semble avoir retrouvé les faveurs des consommateurs **(4)**. A Madagascar, cet aliment était, auparavant, consommé par une faible proportion de la population d'une certaine classe sociale **(8)**. A l'heure actuelle, il est adopté par la majorité du citoyen Malagasy **(7)**.

Ainsi, il serait important de savoir la valeur alimentaire des grains de blé et les procédés de transformation technologique de ces derniers en pain. C'est pourquoi nous avons choisi le thème qui s'intitule « Les grains de blé : leur valeur alimentaire et leurs procédés de transformation technologique en pain ». Pour mieux élucider ce thème, nous allons voir en première partie les matériels et les méthodes utilisés durant la réalisation de ce mémoire. Ceux-ci nous ont permis d'avoir des résultats concernant la composition chimique des grains de blé et les différentes étapes de production du pain. Ces résultats seront présentés dans la deuxième partie, puis discutés dans la troisième partie. Cette dernière sera suivie d'une conclusion.

Première partie : MATERIELS ET METHODES



1. MATERIELS

1.1. Les documents

Le mémoire en Master I (M1) nécessite, avant tous, un travail de collection bibliographique. Au cours de la réalisation de ce travail, nous avons consulté des documents dans des différents centres de documentation existant à Mahajanga. Des données nécessaires à la compréhension et à l'analyse de notre thème d'étude y ont été collectées. Parmi les centres de documentation visités, il y a :

- ❖ La bibliothèque universitaire d'Ambondrona, qui nous a permis de consulter un certains nombres d'ouvrages. Mais, les documents concernant les grains de blé qui fait l'objet de notre étude y semblent insuffisant. Toutefois, nous avons trouvé des ouvrages contenant des informations générales, qui nous ont permis de faire une vision globale à notre thème.
- ❖ La bibliothèque Municipale a aussi été consultée. Cependant, les documents y existant semblent peu nombreux et ne concernant guère notre sujet. Pourtant, les centres de documentation d'Antanimasaja, de l' Hotel de ville et Majunga Be, nous ont permis de trouver des documents importants pour notre thème.
- ❖ La bibliothèque de l'Alliance Française, qui nous a permis de recueillir des informations plus récentes.

Les Cybercafés, qui nous ont permis de consulter des sites web de l'Internet. Parmi ceux-ci, on peut citer : le CIEL, le Cyber Media, la CITE Mangarivotra. Ce système permet de collecter les informations plus récentes.

1.2. Typologie des ouvrages

1.2.1. Ouvrages généraux

Lors de notre recherche documentaire, nous avons pu consulter des ouvrages qui parlent des céréales, des grains de blé, leurs valeurs nutritives, de la panification... d'une manière générale. Ces ouvrages sont écrits par des auteurs d'origines différents et de spécialités différentes permettant le recueil d'informations générales sur notre thème.

1.2.2. Ouvrages spécifiques

Il s'agit des ouvrages qui parlent particulièrement de la technologie des aliments, de la valeur nutritionnelle des grains de blé, de l'évolution de la consommation du pain à Madagascar.

1.2.3. Autres documents

Outre les ouvrages généraux et les ouvrages spécifiques, nous avons aussi consulté des revues, des articles périodiques, des différents mémoires pour compléter les informations concernant la fabrication du pain.

1.2.4. Supports de cours

Pour compléter les informations recueillies lors de la recherche documentaire, nous avons également utilisé des supports de cours afin de mieux cerner notre thème. Parmi les matières étudiées en option Biotechnologie Appliquée, nous nous sommes intéressés sur :

- Biochimie alimentaire ;
- Microbiologie appliquée et Microbiologie alimentaire ;
- Biologie moléculaire appliquée ;
- Guide de rédaction d'un mémoire ou d'une thèse.

Ces matières ont des rapports à notre étude et facilitent la compréhension sur le mode de rédaction d'un mémoire, la valeur nutritive des grains de blé, les étapes de fabrication du pain et les phénomènes intervenant lors de la panification.

2. METHODES

2.1. Collecte des données dans des bibliothèques et centres de documentation

Des documents dans des bibliothèques universitaires, municipales et centre de documentation ont été consultés pour collecter des données ayant liens avec le thème de ce mémoire. Les références des documents importants ont été notées et regroupées par ordre alphabétique en respectant le guide proposé par Dr RAZAFIMAHEFA **(40)**.

2.2. Collecte des données dans des sites web de l'Internet

Des sites web de l'Internet ont aussi été consultés pour collecter des informations ayant des relations avec le thème de ce mémoire. Les références des sites web de l'Internet correspondants aux informations collectées ont été notées et regroupées par ordre alphabétique selon le guide proposé par Dr RAZAFIMAHEFA **(40)**.

2.3. Collecte des données dans des supports de cours

Les supports de cours sont primordiaux, plus particulièrement en Option Biotechnologie Appliquée **(Master 1)**. Ils ont été consultés pour renforcer et compléter les informations déjà collectées.

Deuxième partie : RESULTATS



1. SYSTEMATIQUE BOTANIQUE DE BLE (12, 13)

Le Blé est un terme générique qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre « *Triticum* ». Ce sont des plantes annuelles de la famille des graminées ou poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le terme blé désigne également le grain (caryopse) produit par ces plantes. La systématique botanique de ces plantes est donnée au **tableau 1**.

2. DIFFERENTS TYPES DE BLE (12, 13, 23)

Les blés sont répartis en trois groupes (**Photo 1**) :

- **Le groupe diploïde, comportant l'engrain ;**
- **Le groupe tétraploïde, comportant le blé dur ;**
- **Le groupe hexaploïde comportant le blé tendre.**

Ces trois groupes, ayant une origine géographique différente, participent à la diversité génétique du blé.

Parmi les dizaines de milliers de formes de blés cultivés (au moins 30 000), tous les « *Speltoidea* » à 42 chromosomes, qui fournissent la plupart des blés tendres (froment), aux grains riches en amidon, descendent de cet ancêtre. Les autres proviennent du stade précédent qui a donné les « *Dicoccoida* » à 28 chromosomes, qui sont les blés durs, aux épis denses et aux graines riches en gluten.

Il existe plusieurs espèces de blés, dont deux ont une grande importance économique à l'heure actuelle. Ce sont :

Le blé tendre, ou froment, (*Triticum aestivum*) de beaucoup le plus important, est d'avantage cultivé dans les hautes latitudes (par exemple en France, au Canada, en Ukraine). Il est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain (**Photo 2**).

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp *durum*) est surtout cultivé dans les zones chaudes et sèches (sud de l'Europe, par exemple sud de la France ou Italie). Le blé dur est très riche en gluten. Il est utilisé pour produire les semoules et les pâtes alimentaires (**Photo 3**).

Tableau 1. Classification de blé (13)

Règne	PLANTAE
Sous-règne	TRACHEOBIONTA
Division	MAGNOLIOPHYTA
Classe	LILIOPSIDA
Sous-classe	COMMELINIDAE
Ordre	CYPERALES
Famille	POACEAE
Sous-famille	POOIDEAE
Tribu	TRITICEAE
Genre	<i>Triticum</i>
Espèces de rang inférieur :	
<i>Triticum aestivum</i> (blé tendre) <i>Triticum aethiopicum</i> <i>Triticum araraticum</i> <i>Triticum boeoticum</i> <i>Triticum carthlicum</i> <i>Triticum compactum</i> (blé hérisson) <i>Triticum dicoccoides</i> (amidonnier sauvage) <i>Triticum dicoccon</i> (amidonnier) <i>Triticum durum</i> (blé dur) <i>Triticum ispahanicum</i> <i>Triticum karamyshevii</i> <i>Triticum macha</i> <i>Triticum militinae</i> <i>Triticum monococcum</i> (engrain) <i>Triticum polonicum</i> <i>Triticum sinskajae</i> (engrain nu) <i>Triticum spelta</i> (grand épeautre) <i>Triticum sphaerococcum</i> (blé indien) <i>Triticum timopheevii</i> <i>Triticum turanicum</i> (blé de Khorasan) <i>Triticum turgidum</i> (blé poulard ou Kamut) <i>Triticum urartu</i> <i>Triticum vavilovii</i> <i>Triticum zhukovskyi</i>	



Photo 1. Trois groupes de blés (6)

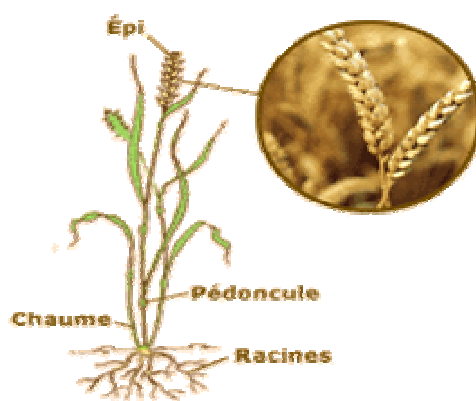


Photo 2. *Triticum aestivum* (blé tendre) (23)

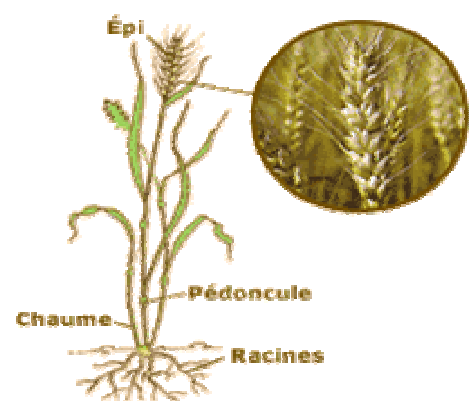


Photo 3. *Triticum durum* (blé dur) (23)



Photo 4. Hybridation artificielle du blé (9)

Parmi d'autres variétés, autrefois beaucoup cultivées, signalons aussi les types de blé suivants :

L'**épeautre**, sous-espèce du blé tendre, à grain vêtu (qu'il faut donc décortiquer avant de moudre) (*Triticum aestivum* ssp. *Spelta*) ; très apprécié pour l'agriculture biologique en raison de sa rusticité et de la qualité du pain obtenu. Ne réagissant pas aux engrais chimiques à base d'azote, il a été écarté par l'agriculture conventionnelle.

L'**engrain** ou petit-épeautre, (*Triticum monococcum*), espèce à grain vêtu également, à faible rendement, très anciennement cultivée, qui est en partie à l'origine des blés cultivés actuels (**Tableau 1**).

Cependant des sélections et des hybridations des plants peuvent être pratiquées afin d'ajuster les caractéristiques des végétaux cultivés (**Photo 4**). Sur cette photo, des grains de pollen sont prélevés sur une espèce de blé pour féconder une autre espèce afin d'obtenir un nouvel hybride.

3. GRAINS DE BLE

3.1. Caractéristiques et structure des grains de blé

3.1.1. Caractéristiques (13, 18, 31)

De forme ovale (**Photo 5**), le **grain de blé** a une couleur variant du roux au blanc. Sur le plan botanique, le grain de blé n'est pas une graine, mais un fruit particulier et un caryopse. En regardant de plus près un grain de blé, on constate une face dorsale comportant à une extrémité un germe et à l'autre extrémité la brosse (système respiratoire du grain), une face ventrale comportant le sillon. La longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids d'un grain de blé sont les suivants :

- ✓ **Longueur** : 7 à 8 mm ;
- ✓ **Largeur** : 3 à 4 mm ;
- ✓ **Epaisseur** : 4 à 5 mm ;
- ✓ **Poids** : 30 à 50 mg.

3.1.2. Structure (18, 23, 32)

Le grain de blé comprend trois parties essentielles : **l'enveloppe, l'amande et le germe** (Photo 6, Photo 7).

➤ **Les enveloppes** (13 à 16 % du poids total du grain).

L'enveloppe possède des différentes parties qui sont les suivantes :

- ✓ **Le péricarpe ;**
- ✓ **Le tégument séminal ;**
- ✓ **La bande hyaline ;**
- ✓ **L'assise protéique.**

L'enveloppe externe est adhérente à la matière végétale de la graine et la protège des influences extérieures. Les premières enveloppes du grain peuvent être enlevées en grattant avec l'ongle. Au cours de la mouture, les enveloppes (téguments) sont parfois séparées de l'amande (embryon + albumen) et commercialisées en tant que son. Elles sont riches en minéraux, en nutriments et surtout en fibres (majoritairement insolubles).

➤ **L'amande farineuse** (82 à 84 % du poids total du grain)

On le nomme aussi **endosperme**. C'est le composant le plus important quantitativement et qualitativement. Elle contient 65 à 70 % d'amidon ainsi qu'une substance protéique (le gluten) dispersée parmi les grains d'amidon. Le gluten permet de lier la farine et l'eau lors de la fabrication de la pâte à pain. La qualité et la proportion des principaux composants détermineront la qualité du pain. L'amande du blé tendre est blanche et friable, tandis que celle du blé dur est jaune et plus dure.

➤ **Le germe** (2 à 3 % du poids total du grain)

Quant au **germe**, c'est l'embryon du grain permettant la reproduction de la plante. Malgré sa très petite taille, le germe est la partie la plus riche en éléments nutritifs de la graine. Il fournit la majeure partie des vitamines B, hautement spécialisées dans la défense et l'entretien du système nerveux. Il apporte aussi, en quantité, les vitamines A, C, E, du zinc et des acides aminés. Avec le germe, on fabrique de l'huile, une des plus riches en vitamines E.



Photo 5. Détail du grain de blé (18)

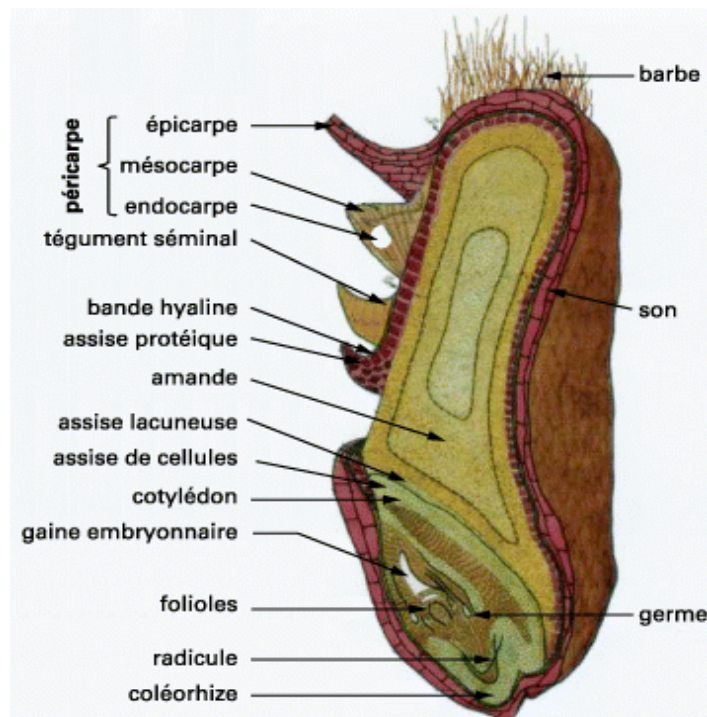


Photo 6. Coupe d'un grain de blé (32)

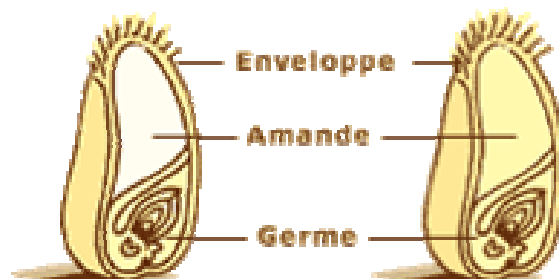


Photo 7. Structure de grains de blé tendre et dur (32)

3.2. Composition chimique des grains de blé (1, 2, 22)

La composition chimique des grains de blé est donnée au **tableau 2** ci-dessous. Ce **tableau** indique que le grain de blé est essentiellement constitué de l'amidon. Il est également riche en fibres. Les sucres simples, les enzymes naturelles et les vitamines constituent ses éléments minoritaires. La **figure 1** montre de façon résumée la composition de grain de blé.

Tableau 2. Composition de grain de blé (100g de grain à 10 % d'humidité) (2, 11)

Paramètres	Quatité pour 100 g de grain de blé
Energies	1342 kj
Glucides (amidon)	61600 mg
Protéines (gluten)	13000 mg
Fibres alimentaires	11000 mg
Lipides (acides gras)	1800 mg
Potassium	502 mg
Phosphore	312 mg
Magnésium	173 mg
Calcium	60 mg
Fer	7,6 mg
Biotine	7 mg
Niagine (vit. PP)	6,1 mg
Vitamine B3	5,1 mg
Vitamine E	1,35 mg
Acide panthoténique	0,8 mg
Pyridoxine (vit. B6)	0,5 mg
Thiamine (vit. B1)	0,35 mg
Riboflavine (vit. B2)	0,12 mg

La répartition de ces constituants dans les trois parties essentielles est montrée par les **tableaux 3 et 4**. Le **tableau 3** montres que l'amidon (glucide) dont le grain de blé en est riche, se trouve dans l'amande. Le **tableau 4** indique que les éléments minéraux et les vitamines sont rencontrés dans le son et dans le germe.

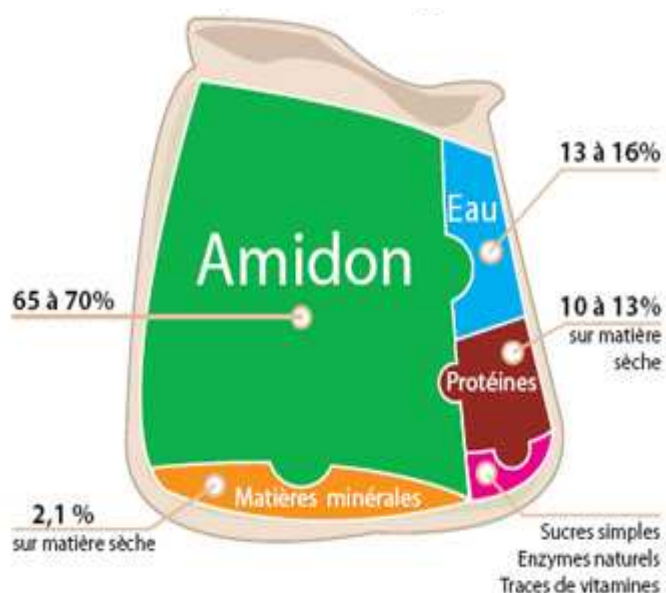


Figure 1. Composition d'un grain de blé (22)

Tableau 3. Répartition des composants dans le grain de blé (22)

Grain de blé	Composition
Enveloppes ou péricarpe	cellulose + matières minérales
Assise protéique	protéines (gluten) + lipides + matières minérales + vitamines
Amande ou albumen amylicé	glucides + protéines + lipides + matières grasses + vitamines
Germe	protéines (gluten) + lipides + matières minérales + vitamines

Tableau 4. Répartition des éléments minéraux et vitamines dans le son et le germe des grains de blé (31)

Parties du grain de blé	Composants
Le son, le germe	Phosphore, Magnésium, Fer, Zinc, Manganèse, Cuivre, Sélénium, Vitamine B1 (thiamine)
Le son, le germe	Vitamine B3 (niacine)
Le son, le germe	Acide pantothénique (vitamine B5)
Le son, le germe	Vitamine B6
Le son, le germe	Vitamine B2 (riboflavine)
Le son et le germe	Folate (vitamine B9) et Potassium
Le germe	Vitamine E et Vitamine K

4. PROCEDES DE TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE DES GRAINS DE BLE EN PAIN

4.1. Transformation des grains en farine (32)

Les différents procédés de transformation des grains de blé en farine sont trouvés dans les **figures 2 et 3**. Cette transformation commence par le pesage des grains, opération qui se déroule sur un pont à bascule. Après la pesée, un échantillon du chargement est prélevé afin d'être analysé. On cherche, par cette opération, à évaluer la qualité du blé par la détermination de certaines caractéristiques telles que la teneur en eau, l'indice de chute Hagberg, le taux d'impuretés, le poids spécifique (**PS**) ou la teneur en protéines. La cargaison sera déchargée dans le cas où le blé livré correspond aux engagements figurant au cahier des charges. Si tel est le cas, la mise en silos pourra s'effectuer ainsi que le nettoyage des grains. La mise en silos crée un important dégagement de poussière. Celle-ci est aspirée et éliminée à l'aide d'appareils tels que l'épailleur ou le tarare. C'est la première phase de nettoyage du blé. Puis, différents appareils vont retirer toute la poussière, les débris de roches, de graines, de paille ainsi que de métaux ferreux qui peuvent encore s'y trouver. Il ne reste, une fois ces opérations terminées, plus qu'à mouiller les grains de blé afin de faciliter le retrait du son. Pour cela, on fait monter le taux d'humidité des grains à 15 % environ.

L'opération proprement dite de transformation des grains de blé en farine se nomme la mouture. On utilise, pour arriver au produit final, la partie appelée "amande" du grain en la réduisant en poudre. Dans ce cas, il existe plusieurs étapes. Ces étapes sont expliquées et illustrées à la **figure 3**. La composition chimique de la farine est donnée au **tableau 5**.

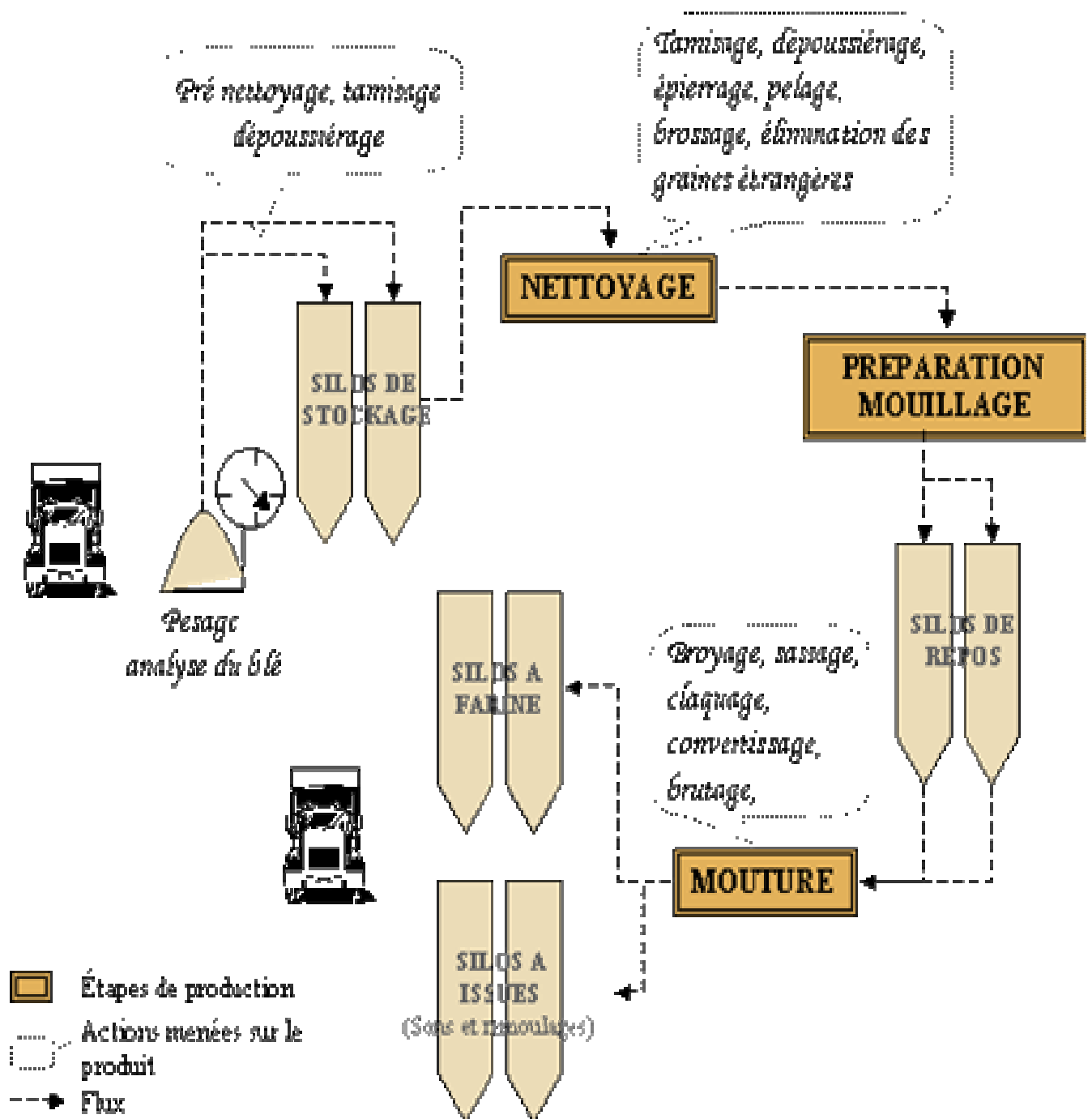


Figure 2. Cycle de fabrication de la farine de blé (32)

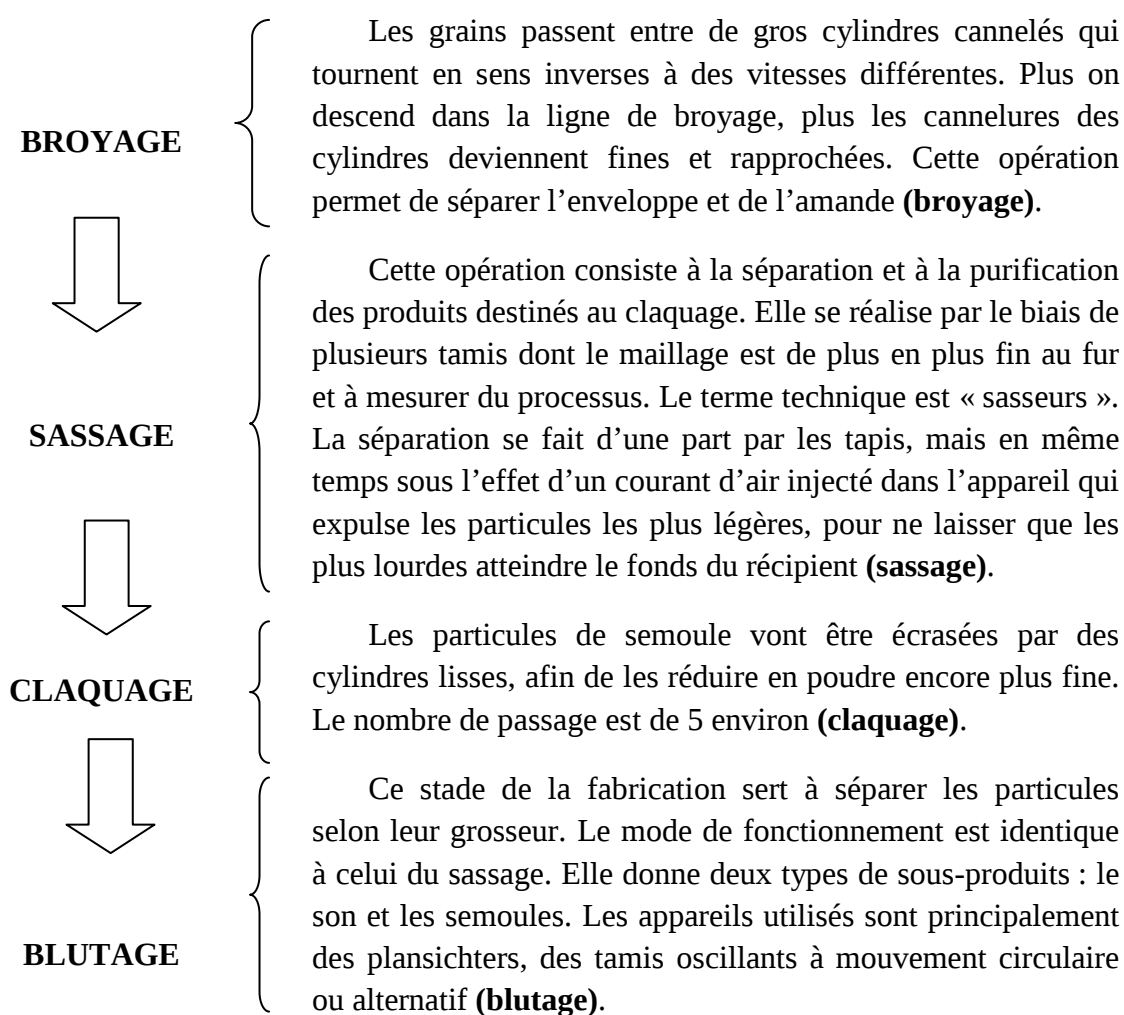


Figure 3. Etapes de la mouture (32)

Tableau 5. Composition chimique de la farine de blé (16)

Constituants	Pourcentage ou Teneur
Amidon (Glucides)	68 à 72
Eau	15 à 16
Gluten (Protides)	10 à 12
Sucre (Glucides simples)	1 à 2
Matières grasses	1,2 à 1,4
Matières minérales	0,5 à 0,6
Cellulose	traces
Vitamines B, PP, E	peu nombreuses

✓ **Amidon**

L'amidon est l'élément principal de la farine. Il est présenté dans toutes les céréales, c'est un glucide complexe qui va être métabolisé par les levures boulangères, qui rejettent du dioxyde de carbone. Lors de la digestion, les molécules d'amidon sont hydrolysées en maltose, puis en glucose. Imprégné d'eau et chauffé à 70 °C, l'amidon épaissit : on dit qu'il forme un empois (ce qui provoque par exemple l'épaississement de la sauce béchamel).

✓ **Gluten**

Le gluten est un mélange de protéines. Ayant une très grande importance dans le processus de panification, ses molécules forment un réseau élastique et extensible, qui va retenir les bulles de dioxyde de carbone (CO₂) issues de la dégradation des sucres par les levures. C'est ce phénomène qui provoque la levée de la pâte et l'aération de la mie. On appelle « farines panifiables » les farines qui, comme celle de blé, contiennent suffisamment de gluten pour que la pâte se lève.

✓ **Eau**

La loi impose au meunier un taux d'humidité maximal de 16 %. Au-delà, la farine serait difficile à conserver.

✓ **Sucres**

Ce sont du saccharose et du glucose. Ils sont peu nombreux dans la farine. Cependant ils sont directement fermentescibles et assimilés rapidement par les levures, ce qui permet d'amorcer la fermentation.

✓ **Matières grasses**

Dans la graine de blé, les matières grasses se trouvent principalement dans le germe et dans les enveloppes. Ces éléments étant en grande partie supprimés à la mouture, il en reste très peu dans la farine. Une quantité de matières grasses trop importante serait néfaste à la bonne conservation de la farine et nuirait au rôle du gluten.

✓ **Matières minérales**

Elles servent à déterminer la qualité et la pureté d'une farine ainsi que son type : 45 ou 55 par exemple. Les principales sont le phosphore, le potassium, le magnésium. La plus grande partie est située dans les enveloppes et dans le germe qui, rappelons-le, sont supprimés par la mouture.

✓ Vitamines

Elles sont peu nombreuses dans la farine (la plus grande partie se trouve dans le germe). La vitamine B1 participe à la transformation des glucides, la vitamine B2 favorise la croissance, la vitamine PP est indispensable aux cellules, la vitamine E assure le bon fonctionnement du système nerveux et des muscles (**Tableau 5**).

4.2. Transformation de farine en pain

La **fabrication du pain** ou « panification » est un procédé qui permet de transformer la farine en pain. Elle demande la maîtrise de la fermentation et de la cuisson (**15**).

Il existe trois principales méthodes de fabrication du pain : **le pain à la levure**, **le pain au levain** et **le pain à la poolish**. Chacune a ses avantages et ses inconvénients. Par exemple, un pain au levain se conserve plus longtemps, mais il est plus complexe à fabriquer.

Il existe de nombreux types de farines pour faire le pain. La plus utilisée est la **farine blanche standard (type 55)** (**Annexe 5**). Chaque type de farine a des propriétés différentes, notamment au niveau de l'absorption de l'eau.

La fabrication du pain est séparé en étapes plus ou moins nombreuses. Ces étapes sont généralement au nombre de 8. Mais selon des auteurs, certaines de ces étapes peuvent-être supprimées ou fusionnées. Les différentes étapes de transformation de la farine de blé en pain sont trouvées à la **figure 4**. D'après cette figure, ces différents procédés sont groupés en 4 opérations unitaires : **pétrissage**, **pointage**, **apprêt** et **cuisson**.

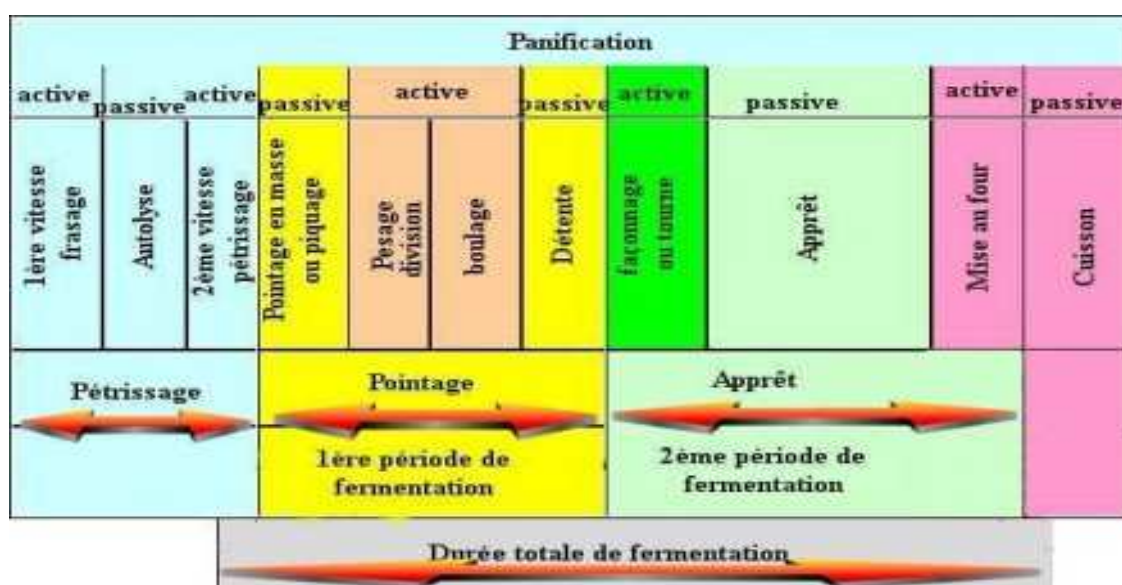


Figure 4. Etapes de la panification (36)

Les 8 étapes de fabrications du pain sont les suivantes (15, 24, Annexe 2) :

➤ **Étape n°1 : Frasage – dosage - pétrissage**

Le frasage consiste à mélanger les ingrédients qui composent la pâte à pain. Ce mélange des ingrédients (réalisé à vitesse lente d'un pétrin ou mélangeur pendant 3 à 5 minutes) permet principalement l'absorption de l'eau par la farine (le gluten et l'amidon, en particulier). Les protéines insolubles de la farine (le gluten), sous l'action de l'eau, vont s'agglutiner pour former une structure maillée, un réseau glutineux. Ces protéines vont enrober les grains d'amidon. Il consiste à doser les matières premières : farine de blé tamisée ou autres farines, eau, sel, la levure, et parfois acide ascorbique, au pétrin. Cette étape est parfois décrite comme la première étape du pétrissage.

Après cette première étape, on procède au pétrissage proprement dit (**Photo 8**). Le boulanger met dans son pétrin : de la farine, de l'eau, du sel, de la levure. Cette opération consiste à **mélanger tous les ingrédients** pour former une pâte homogène, élastique, structurée, capable d'emprisonner l'air. Les ingrédients de base sont la farine, l'eau, la levure ou le levain et le sel. Le pétrin tourne pendant un certain temps avec une vitesse plus rapide c'est le **pétrissage (Photo 8)**. Le boulanger obtient une grosse boule de pâte.



Photo 8. Pétrissage (24)

➤ **Étape n°2 : Pointage (Photo 9)**

C'est la première fermentation. La pâte doit au moins doubler de volume à l'issue de cette étape. Le boulanger retire la grosse boule de pâte du pétrin, il la dépose dans un grand bac en plastique, la pâte se repose, elle commence à gonfler, grâce à la levure qu'elle contient.



Photo 9. Pointage (24)

➤ Étape n°3 : Division et Boulage

La division consiste à diviser la masse de pâte en pâtons de même poids. Pour cela, le boulanger utilise une balance. Le boulanger partage la grosse boule de pâte en petites boules, c'est la division. Chaque petite boule s'appelle un pâton et tous les pâtons doivent peser le même poids.

Afin d'obtenir des pâtons réguliers en vue du façonnage, ces derniers sont « boulés ». Cette étape (boulage) permet également de contrôler la force des pâtes et de la corriger éventuellement, en boulant plus ou moins serré (**Photo 10**).



Photo 10. Division et Boulage (24)

➤ Étape n°4 : Détente (Photo 11)

Les pâtons sont boulés, puis on les laisse "se détendre" : c'est le **deuxième temps de la fermentation**. Les pâtons sont laissés au repos une nouvelle fois. Cette étape (détente) permet au réseau de gluten de se détendre après les étapes de division et de boulage. Sans cette étape, le réseau de gluten aurait tendance à déchirer au moment du façonnage.



Photo 11. Détente (24)

➤ Étape n°5 : Façonnage

Le boulanger reprend chaque pâton boulé, il lui donne alors **sa forme définitive** avec ses deux mains, de forme allongée, ce sera une baguette ; de forme courte un bâtard. La plupart des boulangers se sont équipés d'une machine appelée façonneuse, c'est le **façonnage** (**Photo 12**).



Photo 12. Façonnage (24)

➤ **Étape n°6 : Apprêt**

Les pâtons sont disposés sur une toile de lin (**la couche**). Cette fermentation s'effectue dans des conditions de température proche de 25 °C et à hygrométrie suffisante pour éviter le « **croûtage** » des pâtes. L'apprêt dure d'une à trois heures. Les baguettes se reposent et gonflent encore plus, c'est l'**apprêt** (**Photo 13**).



Photo 13. Apprêt (24)

➤ **Étape n°7 : Grignage et cuisson (Photo 14)**

Avant l'enfournement, le boulanger scarifie les pains avec une lame pour faciliter leur développement. Cette opération s'appelle le grignage.

Les pains scarifiés sont enfournés avec une planche à pain à une température de 250 à 280 °C, en présence de vapeur d'eau. Le pain est cuit pendant 20 à 30 minutes. L'alcool produit pendant les différentes fermentations est éliminé en tout début de cuisson dans le four à pain par simple évaporation.



Photo 14. Cuisson (24)

➤ **Étape n°8 : Le défournement - le ressuage (Photo 15)**

Les baguettes sont bien cuites, le boulanger le sort du four, c'est le **défournement** et le **ressuage**. La baguette toute chaude est fragile.



Photo 15. Défournement et ressuage (24)

Troisième partie : DISCUSSION



On sait qu'il existe deux types de blé : le blé tendre et le blé dur. Ils se différencient par la friabilité de l'amande, qui est plus importante pour le blé tendre. Cette importance de friabilité de l'amande des blés tendres définissent son caractère de panifiable (permet la transformation en farine). Il est donc utilisé pour la panification, la pâtisserie et la biscuiterie alors que le blé dur est plus apte à se transformer en semoules, en pâtes alimentaires et en couscous. Il est alors pastifiable. Chacune de ces espèces compte plusieurs variétés dont les caractéristiques sont très diverses par leur composition et leurs qualités technologiques **(23)**.

Il existe aussi le blé noir, ou sarrasin, qui appartient à la Famille Polygonacées. Contrairement à ce que laisse supposer son nom, ce n'est pas une céréale. Mais il possède néanmoins des qualités nutritionnelles très proches de celles du blé. C'est le genre *Fagopyrum* **(Annexe 1)**.

Le produit céréalier comme le blé a une grande importance dans notre alimentation. L'une des recommandations alimentaires pour la santé est de donner la plus grande part aux céréales (pains et autres produits céréaliers), aux légumes et aux fruits **(14)**.

Les grains de blé sont essentiellement des sources d'amidon, donc de calories. La teneur en protéine est faible et les protéines présentes sont de qualité médiocre. Les grains de blé tendre sont plus riches en amidon que ceux de blés dur. Il est alors possible que les échantillons analysés ne résultent pas de la transformation des grains de blé dur uniquement, mais plutôt de celle d'un mélange de grains de blé dur et de grains de blé tendre. Les grains de blé sont classés parmi la famille d'aliments de base dans de nombreux pays. Ils contiennent généralement beaucoup de glucides (70 % à 80 %) sous forme d'amidon, de protéines non négligeables (jusqu'à 15 % pour le blé dur), peu de lipides (moins de 5 %) provenant du germe et des sels minéraux **(14)**.

En alimentation humaine, ce sont surtout le blé, le riz et secondairement le maïs qui sont utilisés aujourd'hui. Le blé est un aliment complet qui peut remplacer les autres aliments de base existants comme le riz, aliment de base des Malagasy. Les céréales sont surtout intéressantes pour leur apport énergétique, sous forme de sucres lents. Elles sont aussi une source de vitamines et de fibres alimentaires. Leurs protéines manquent de certains acides

aminés essentiels, comme la lysine ou le tryptophane. Certaines céréales contiennent une protéine particulière, le gluten, qui permet d'en faire du pain. On les appelle céréales panifiables. Les produits céréaliers sont indispensables à la santé. En effet, consommer des céréales réduit les risques cardiovasculaires et le diabète. Toutefois, certaines personnes sont allergiques au gluten et au blé. Les symptômes de cette maladie étant multiples ; il est parfois difficile de les diagnostiquer **(10, 14)**.

Le son de blé est une excellente source de phosphore, magnésium, fer, manganèse, cuivre, sélénium et de vitamine B3 et B6. C'est aussi une bonne source de zinc. On peut aussi trouver du potassium, vitamine B1, B2, B5 (a.p). Le germe de blé, par contre, est une excellente source de phosphore, zinc, manganèse, sélénium et des quelques vitamines tels que B1, B6 et vitamine E. Il est aussi une bonne source de magnésium, de fer, du cuivre et de vitamine 9 (Folate). Il est également une source de potassium, de vitamines B3, B2, B5 et de vitamine K. Les produits à base de blé, entier ou non, que ce soit farine, pain, pâtes alimentaires, couscous, ou autres sont ainsi riche en éléments fondamentaux et primordiale pour le bon fonctionnement de l'organisme humain. Les enzymes contenant du cuivre contribuent à la défense de l'organisme. Le phosphate est le deuxième minérale le plus abondant de l'organisme après le calcium **(35)**.

On sait que, dans l'alimentation, on trouve dix acides aminés indispensables : valine, leucine, isoleucine, phénylalanine, tryptophane, proline, thréonine, arginine, histidine et lysine. Si l'un de ces acides aminés est insuffisant ou absent, il y a donc une diminution de la valeur nutritionnelle de protéines et de la qualité nutritionnelle de protéines. Les protéines alimentaires sont souvent qualifiées de haute ou basse qualité nutritionnelle en fonction de leur profil en acides aminés **(37)**.

La farine est fabriquée de nos jours dans des moulins industriels. Le blé doit être d'abord préparé : il subit un nettoyage qui lui enlève toutes ces impuretés (graines étrangères, poussière, grains cassés...). Ensuite, on lui fait subir un mouillage par addition d'eau pour porter son humidité à 17 %, pour assouplir les enveloppes afin que l'amande se détache mieux des enveloppes. Le blé doit ensuite reposer 24 heures environ. Le grain de blé est composé de l'amande farineuse (82 à 84 %) et des enveloppes (13 à 16 %). Le taux d'extraction est la quantité de farine extraite du blé par rapport à la masse des grains de blé ; il est en moyenne de 75 % (75 kg de farine obtenu avec 100 kg de blé) **(33)**.

La mouture a pour but de réduire le grain en poudre. Elle est séparée en deux parties : la partie destinée à la panification (farine) et la partie rejetée constitue les issues. La mouture comprend deux étapes: le broyage et la réduction des produits, puis le classement et la répartition des produits finis. Le broyage du blé est assuré par les broyeurs, par lequel le grain est écrasé et réduit en particules d'inégale grosseur. La réduction des produits de broyage est assurée par les claqueurs et convertisseurs. Le classement et la répartition des produits sont assurés par les plansichters. Le blutage sert à séparer les particules selon leurs parties fines et leurs parties les plus grosses. Ces dernières sont elles-mêmes séparées, durant le blutage, par ordre de densité, en masses farineuses lourdes qu'on appelle des gruaux et en débris d'enveloppes dénommé son. A la fin des opérations, on obtient donc de la farine, du son et du remoulage, qui est un produit assez fin avec un taux de cendre élevé. Le taux d'extraction détermine la part du poids du grain de blé restant après la mouture. Les couches extérieures sont éliminées en pratiquant un taux d'extraction de 85 %, le germe est éliminé avec un taux d'extraction de 70 %. Le taux de blutage représente le pourcentage de matières éliminées au cours de la préparation de la farine **(32)**.

La farine est composée de l'albumen ; elle contient la totalité de l'amidon et une grande partie de protéines du grain (particulièrement la gluténines et les prolamines). Les protéines contenues dans les couches externes du grain (lysine et tryptophane) sont éliminées en grande partie **(32)**.

L'amidon est un élément principal dans la farine soit, 68 à 72 % et il est présenté dans toutes les céréales. Le taux d'humidité maximal de la farine de blé est de 16 %. Au-delà de ce taux, la farine serait difficile à conserver. Ce qui met l'eau à la seconde place d'élément principale de la farine. En troisième place, on trouve le gluten qui occupe 10 à 12 % d'une farine. En dehors de l'amidon, on peut trouver 1 à 2 % de sucres. Ce sont des glucides simples qui permettent d'amorcer la fermentation. Dans une farine de blé, les matières grasses représentent 1,2 à 1,4 %. En fait, une quantité de matières grasses trop importante serait néfaste à la bonne conservation de la farine et nuirait au rôle du gluten. La teneur en éléments minéraux est très faible, de l'ordre de 0,5 à 0,6 %. Dans la farine de blé, on ne trouve que des traces de celluloses ; les vitamines sont peu nombreuses, mais on trouve les vitamines B le (B1 et B2), la vitamine PP et la vitamine E **(16)**.

La panification est l'ensemble des opérations qui permettent d'obtenir du pain à partir de farine, d'eau, de sel et de levure ou de levain. Ces opérations sont réalisées par étapes dont chacune à son importance, puisqu'elle affecte nécessairement le résultat final. Ces étapes sont les suivantes : pétrissage, pointage, apprêt et cuisson **(19)**.

Au cours de la préparation de pain (ou panification), la levure se développe en aérobiose (microflore qui vit en présence de l'air). Ce type de développement augmente la production de CO₂ **(38, Annexe 3)**. Les sucres contenus dans des grains de blé ou des autres céréales broyés sous forme de farine sont dégradés lors de la fermentation des levures. Durant cette étape, il y a donc un dégagement de CO₂ qui fait "lever" la pâte. La saveur du pain est due à des réactions secondaires à la fermentation ; c'est-à-dire que les arômes développés sont étroitement liés au choix de la levure **(28)**.

Durant la panification, pour corriger certaines déficiences de la matière première, on peut utiliser des enzymes **(Annexe 4)**. Dans ce cas, on peut utiliser l'alpha-amylase fongique (*Aspergillus oryzae*) qui améliorent le pouvoir fermentaire des farines et ajustent les propriétés de la pâte. On peut aussi employer les protéases de *Bacillus subtilis* pour faire une hydrolyse ménagée du gluten. Des enzymes issues de la farine de soja déshuillée ou de la farine de fève peuvent également être employées pour améliorer les propriétés de viscoélasticité, les caractéristiques technologiques ou organoleptiques de la pâte et son blanchiment **(39)**.

Durant le pétrissage, la pâte boulangère ne contient généralement que d'un mélange convenable de la farine additionnée d'eau (agent plastifiant) et de chlorure de sodium dans la première étape. Cette première étape permet l'absorption d'eau (par les protéines et les granules endommagés d'amidon) et le développement de l'élasticité du gluten, probablement par oxydation à l'air des groupements sulfhydryles, et réarrangement des ponts disulfures. On assiste alors à une interaction de tous les lipides polaires et une partie des triglycérides avec les gluténines et les gliadines.

Les gluténines sont responsables de l'élasticité de la pâte et des liaisons hydrophobes avec les glycolipides, alors que les gliadines sont plutôt responsables de son extensibilité et des liaisons hydrophiles. Si le premier influence la durée optimale du pétrissage et la structure spongieuse, le dernier sur le volume du pain. Les deux permettent l'échange de ponts S-S et une forte hydratation (d'où de nombreuses liaisons hydrogènes) **(3)**.

Des études ont aussi permis de montrer qu'il existe des interactions entre protéines, amidon et lipide, ainsi qu'entre protéines. Un réseau de protéines et de glycolipides se forme autour des granules d'amidon ayant subis un début de gélatinisation et de libération de l'amylose. La nature des liens entre glycolipides et protéines dépend partiellement de la nature du solvant d'extraction des protéines. L'addition d'une quantité supplémentaire de glycolipides a des effets bénéfiques sur le volume et la texture du pain. Ceci permet aussi de faire du pain sans gluten ou des pains très enrichi de protéine. On ajoute alors de la levure à la pâte dans la deuxième étape du pétrissage, puis on la laisse au repos, nous emmenant à la deuxième étape de la panification : la fermentation **(3)**.

Pendant la fermentation, que se soit le premier ou la deuxième, par la levure, la pâte subit une déformation lente que l'on nomme maturation. Les caractéristiques de maturation (durée, intensité,...) dépend de la force de la farine et de la qualité ainsi que de la quantité de gluten. Les farines de force ont une faible pouvoir de gonflement par exemple et elles sont de bon améliorant (c'est-à-dire on les mélange avec les farines faibles pour donner des mélanges propre à la panification). Cette fermentation qui normalement dite fermentation alcoolique, transforme les glucoses présents dans la pâte en éthanol, suivi d'un dégagement de gaz en présence de la levure *Saccharomyces cerevisiae* et a une température de l'ordre de 23 à 28°C. (Glucides $\longrightarrow$ Ethanol + CO₂) **(Annexe 6)**. Des glucoses sont produits par attaque enzymatique des grains d'amidons endommagés. La production de CO₂ commence lentement puis s'accélère en raison de la multiplication de la levure (une augmentation plus rapide peut entraîner une rupture). Puis les béta-amylases de la farine ou par ajout de malt libère du maltose qui permet à son tour la formation de dextrine rendant la pâte collante. Mais un excès de béta-amylase est souvent impropre à la panification car la pâte devient hyper collante. L'addition de bicarbonate permet d'avoir un dégagement d'anhydride carbonique. Ainsi, la pâte gonfle par formation de poche de gaz, des bulles retenus entre des membranes minces de gluten **(Annexe 3)**.

Certain boulanger utilise un liquide de fermentation qui diminue la durée de fermentation : panification continue. Le procédé dit de Chorleywood permet de faire lever la pate en 3 à 5 minutes en agitant énergiquement la pate. Dans ce dernier, l'ajout de levure en quantité importante, d'agent oxydant, de composé réducteur est nécessaire. Mais qu'importe, la texture régulière n'est pas maintenue **(3)**.

Au moment de la cuisson, certaines protéines (albumines et globulines) se coagulent, la structure spongieuse de la mie se fige et les interactions glycolipides-amidon (liaisons hydrogène) se renforcent pour améliorer la rétention d'eau. Les levures sont tuées et les amylases inactivées. On assiste à une gélatinisation partielle des grains d'amidon et par conséquent une augmentation de leur digestibilité. En surface, un durcissement par dessiccation se produit. La réaction de Maillard s'accomplit par un brunissement non enzymatique accompagné de la formation de composés odorants et de goût spécifique. Les interactions glucide-protéine pendant cette réaction dégradent certains éléments comme la vitamine B1 **(3)**.

A la fin de la cuisson, il faut bien contrôler la température qui pourra entraîner une déshydratation puis un durcissement de la pâte et un amollissement de la croûte.

CONCLUSION



Le blé est une céréale la plus répandue dans le monde. Il existe plusieurs espèces de blé dont deux connaît un essor économique à l'heure actuelle: les blés tendres panifiables et les blés durs pastifiables. Les grains de blé, de couleur variant du roux au blanc, ont une forme ovale.

Le grain de blé et ses dérivés constituent un pilier de l'alimentation humain, adoré par les différentes classes d'âge, grâce à sa haute valeur nutritionnelle. A la disposition de tous consommateurs, facile à digérer et à conserver, il n'apporte que santé et vitalité avec son 1342 kj d'énergie par 100 g de grain avec des goûts et des produits variés. Le grain est un aliment énergétique qui fournit glucides, lipides, protéines, vitamines et sels minéraux divers, des fibres alimentaires et des enzymes naturels.

Pour arriver à la farine, ces grains de blé subiront quelques étapes dont premièrement le nettoyage à plusieurs phases des grains préalablement pesé et analysé suivant des critères strictes. On mouille ensuite ces grains pour faciliter l'extraction de l'amande (principal élément nécessaire à la fabrication de la farine). On passe ensuite à l'opération proprement dit, la « mouture ». Les grains sont alors broyés (Broyage), puis les particules les plus légères sont expulsés (Sassage). Après avoir réduit en poudre encore plus fine (Claquage) les particules de semoule sont ensuite séparées selon leur grosseur (Blutage).

Quant à la panification, huit (8) étapes, souvent réduites selon des auteurs, sont nécessaires. Tous d'abord, on dose les matières premières avant de bien les mélangés jusqu'à l'opération d'une pâte homogène : grosse boule de pate (Pétrissage). Puis on laisse reposé la pâte pour doublée sa volume : c'est la première fermentation (Pointage). On partage alors la masse de pate en pâton de même poids avant de les boulés un à un (division et boulage). Quant le temps du deuxième temps de la fermentation s'est écoulé (détente), on donne au pâton boulé sa forme définitive (façonnage). On peut alors enfourner les baguettes scarifiées après 1 à 3 heures où dure l'apprêt. Une fois cuite, c'est l'heure du défournement.

Des déformations physiques, physico-chimiques, biochimiques et biologiques qui définissent les principales propriétés de la pate boulangère se produisent grâce

primordialement à l'action d'un champignon microscopique : le *Saccharomyces cerevisiae*, la levure et éventuellement de bactéries lactiques, mais surtout grâce à chaque éléments qui constituent la farine. On assiste à des phénomènes d'absorption d'eau permettant des interactions entre protéines, amidon et lipide, ainsi qu'entre protéines. Puis à une fermentation alcoolique qui permet un gonflement, l'extensibilité, l'élasticité et l'imperméabilité de la pate. La cuisson sera le champ d'une réaction de Maillard.

REFERENCES



Références bibliographiques

- (1) BESAÇON P., VALLET J. et ROUANET J. M. (1992). – Valeur nutritionnelle des protéines et de l'amidon dans le blé : Cahier Agricultures. N°1, 1, p. 40 – 46.
- (2) CHAMPAGNAT R., OZENDA P. et BAILANUD L. (1969) – Biologie végétale, 4^{ème} édition. – Paris VI^e Boulevard Saint-germain : MASSON. – p. 421 – 423.
- (3) CHEFTEL J. C. et CHEFTEL H. (1976). – Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Edition entreprise moderne, technique et documentation. – Paris, 1, p. 117 – 126.
- (4) CHIVA F., HOINT – PRADIER F., SIX M. F., VERGER P. et VERGNE E. (1999). – Aliments Santé de A à Z : Guide pratique de la nourriture saine. Édition aliment santé, aliment danger, sélection du Reader's Digest. – PARIS, BRUXELLES, MONTREAL et ZURICH, – p. 130.
- (5) DANELLE B. D. (1994). – Nutrition. Vie et Santer, 1198 (23), p. 40 – 47.
- (6) DORLING K. (1993 – 2007). - Trois groupes des blés. Microsoft Corporation Encarta 2008.
In : Journal TARATRA, N° 0032, du 26 mars 2004, p. 3.
- (7) MATHIEU R. (2004). – Mofodipaina: Sady foto-tsakafo no miteraka asa.
- (8) RANOMEZANJANAHARY S., RANDRIAMBOLA P. et RANDRIAMBOLANORO L. (1995). – La recherche sur manioc à Madagascar : impact sur le développement intégré des zones rurales. Roots, Newsletter of the southern Africa Root Crops Research Network (SARRNET) and the East Africa Root Crops Research Network (EARRNET), 2 p. 13 – 16.
- (9) STRESHINSKY T et CORBIS. (1993-2007). - Hybridation artificielle du blé. Microsoft Corporation Encarta 2008.

Références cyberographiques

- (10) BOUTROUX L. (1897). - Le pain et la panification (Dernière mise à jour : 2 août 2010 à 13:40).
In : [http://fr.wikisource.org/wiki/Le pain et la panification/Partie_1/Chapitre_4](http://fr.wikisource.org/wiki/Le_pain_et_la_panification/Partie_1/Chapitre_4)
(Consulté le 10 mars 2011).
- (11) <http://bodyform.free.fr/Calories.htm> (Consulté le 26 octobre 2010). - Composition de grain de blé (Dernière mise à jour : 30 Septembre 2010).
- (12) <http://fr.ekopedia.org/B1%C3%A9> (Consulté le 29 septembre 2010). – Le blé (Dernière mise à jour : 8 septembre 2009).
- (13) <http://fr.wikipedia.org/wiki/B1%C3%A9> (Consulté le 29 septembre 2010). – Le blé (Dernière mise à jour : 29 septembre 2010).
- (14) <http://fr.wikipedia.org/wiki/C%C3%A9r%C3%A9ales> (Consulté le 10 mars 2011) – Les céréales (Dernière mise à jour : 24 janvier 2011).
- (15) http://fr.wikipedia.org/wiki/Fabrication_du_pain (Consulté le 19 mai 2010). – Fabrication du pain (Dernière mise à jour : 9 mai 2010).
- (16) http://fr.wikipedia.org/wiki/Farine_de_bl%C3%A9 (Consulté le 22 novembre 2010). – Farine de blé (Dernière mise à jour : 19 novembre 2010).
- (17) http://fr.wikipedia.org/wiki/Farine_de_bl%C3%A9 (Consulté le 10 mars 2011) – La farine (Dernière mise à jour : 12 février 2011 à 10:59).
- (18) http://fr.wikipedia.org/wiki/Grain_de_bl%C3%A9 (Consulté le 29 septembre 2010). – Grain de blé (Dernière mise à jour : 24 novembre 2009).
- (19) <http://fr.wikipedia.org/wiki/Panification> (Consulté le 10 mars 2011) – La panification (Dernière mise à jour : 12 décembre 2010 à 18:33).
- (20) <http://www.alliancesud.ch/fr/education/mallette-aliments> (Consulté le 29 septembre 2010). – Aliments (Dernière mise à jour : 15 avril 2009).
- (21) <http://www.blenoir-bretagne.com/farine-ble-noir.html> (Consulté le 10 mars 2011). – Ble noir (Dernière mise à jour : 30 Décembre 2010).
- (22) <http://www.boulangerie.net/MP/InfoBlefar.html> (Consulté le 29 septembre 2010). – Farine de blé (Dernière mise à jour : 15 août 2010).

- (23) <http://www.fermes-ouvertes.fnsea.fr/plantes/ble.htm> (Consulté le 29 septembre 2010).
– Blé (Dernière mise à jour : 02 août 2010).
- (24) http://www.fetedupain.com/adultes_fab_la_fabrication.html (Consulté le 19 mai 2010).
- Fabrication du pain en 8 étapes adultes (Dernière mise à jour : 30 avril 2010).
- (25) http://www.hygiene-educ.com/fr/profs/alimentaire/sci_data/donnees.htm (Consulté le 19 mai 2010).
- (26) http://www.inra.fr/presse/filieres_cereales_recherches_inra (Consulté le 01 octobre 2010). – Céréales (Dernière mise à jour : 19 septembre 2010).
- (27) <http://www.maep.gov.mg/filtecble.htm> (Consulté le 29 septembre 2010). – Blé (Dernière mise à jour : 20 août 2010).
- (28) <http://www.maths-forum.com/panification-23073.php> (Consulté le 10 mars 2011) – La panification (Dernière mise à jour : 02 janvier 2011).
- (29) <http://www.mfaid.com/bread-fr.htm> (consulté le 19 mai 2010).
- (30) <http://www.painmaison.com/fr/faire-son-pain/pain-a-la-main.php> (consulté le 19 mai 2010).
- (31) <http://www.passeportsante.net/fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Fiche.aspxdoc=blenu> (Consulté le 29 septembre 2010). – Nutrition (Dernière mise à jour : 02 août 2010).
- (32) <http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/agroalimentaire-ti700/mouture-du-ble-tendre-et-techniques-d-obtention-de-la-farine-f6175/mouture-du-broyage-au-convertissage-f6175niv10002.html> (Consulté le 01 octobre 2010). – Mouture du blé (Dernière mise à jour : 29 août 2010).
- (33) <http://www.unctad.org/infocomm/francais/ble/technologie.htm> (Consulté le 01 octobre 2010). – Technologie (Dernière mise à jour : 02 septembre 2010).
- (34) <http://www.unctad.org/infocomm/francais/ble/utilisat.htm> (Consulté le 02 août 2010) – Valeur nutritif de blé (Dernière mise à jour : 02 juillet 2010).

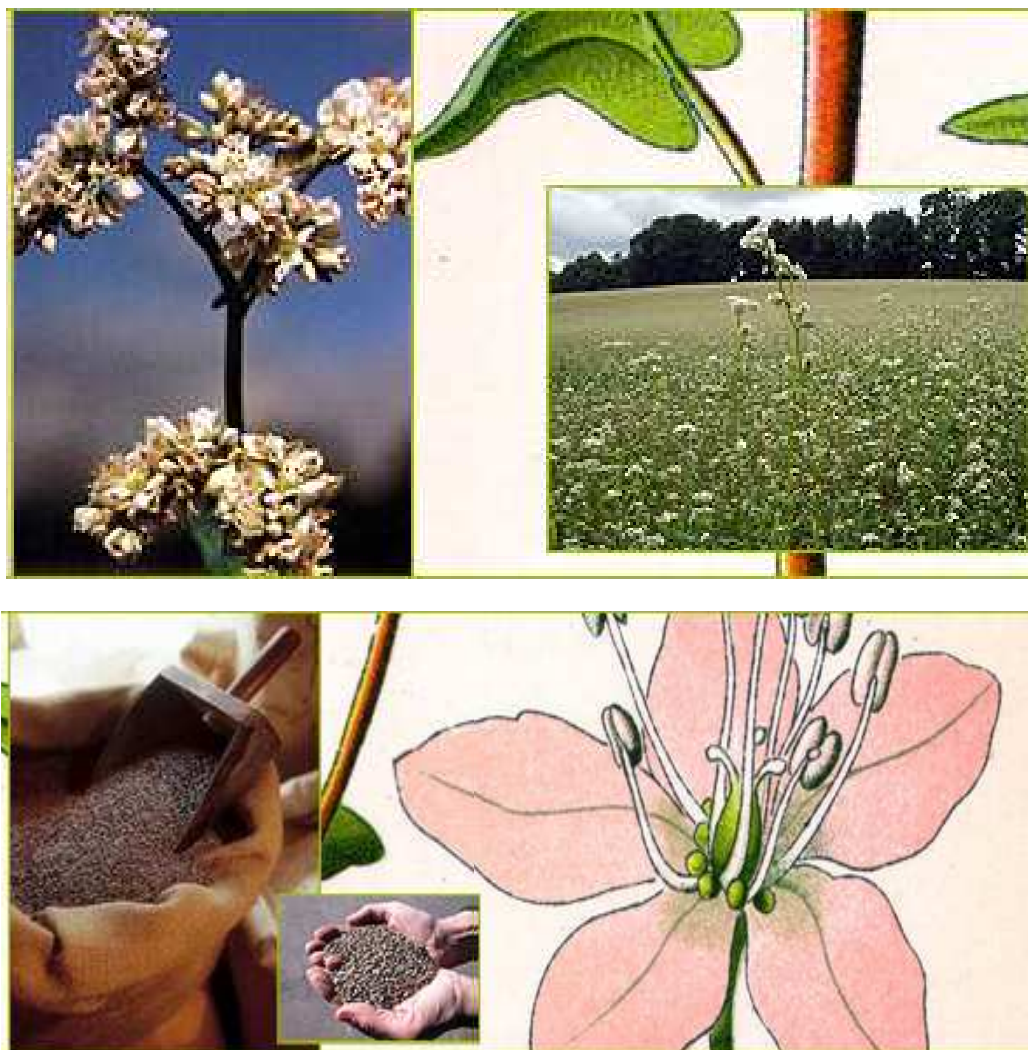
- (35) <http://www3.vet-lyon.fr/ens/nut/webBromato/cours/cmgrain/vagrain.html> (Consulté le 30 novembre 2010). – Valeur alimentaire des grains de blé (Dernière mise à jour : 01 novembre 2010).
- (36) MONTESSINOS F., CADIOT B., LAFAYE A. et RICHARD J. (2003). – Etapes de la panification (Dernière mise à jour : 19 Juillet 2010).
In : <http://technoboulange.com/les-etapes-de-la-panification> (Consulté le 02 août 2010), 21 p.

Références des cours

- (37) MANANJARA P. (2010) – Qualité nutritionnelle de protéine. Cours de Biochimie alimentaire en Master I, Option Biotechnologie appliquée à la Faculté des Sciences, Université de Mahajanga.
- (38) MANANJARA P. (2010) – Le pain et autres produits végétaux fermentés. Cours de Microbiologie appliquée en Master I, Option Biotechnologie appliquée à la Faculté des Sciences, Université de Mahajanga.
- (39) RANDRIANODIASANA J. (2010) - Utilisation des enzymes en panification, Cours de Biologie moléculaire appliquée en Master I, Option Biotechnologie appliquée à la Faculté des Sciences, Université de Mahajanga.
- (40) RAZAFIMAHEFA (2010). Guide de rédaction d'un mémoire ou d'une thèse. Cours en Master I, Option Biotechnologie Appliquée à la Faculté des Sciences, Université de Mahajanga.

ANNEXES

Annexe 1. Plante et farine de Blé Noir de Bretagne (21)



Annexe 2. Les 8 étapes de fabrication du pain (24)



Pétrissage → Pointage → Division et Boulage → Détente

1 2 3 4



5 age → 6 → 7 → 8 Découpe

Annexe 3. CO₂ libéré par la fermentation alcoolique et piégé dans le réseau de gluten (29)



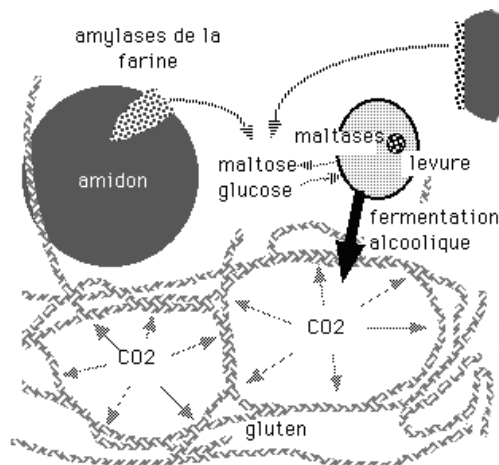
Annexe 4. Boule de pâte en repos permettant l'action des enzymes et la formation de poches de gaz (29)



Annexe 5. Types de farine et pourcentages de blutages (5)

	Types de farine			
	150	110	80	55
Taux d'extraction	98%	90%	85%	75%
Protides	100	94	91	83
Lipides	100	96	94	87
Calcium	100	80.2	70.3	40.6
Fer	100	77	65	47.05
Vitamine E	100	91	89	56
Acide pantothénique	100	83	76	49
Riboflavine	100	69.6	51	33
Acide folique	100	69	50	31
Acide nicotinique	100	59	40	23
Vitamine B6	100	60	45	17
Thiamine	100	92	89	20

Annexe 6. Coopération des amylases de blé et des maltases de levure, fermentation alcoolique des levures et "poussée" du CO₂ sur le réseau de gluten (25)



Annexe 7. Pain à la main (30)



THE GRAINS OF WHEAT :

THEIR FOOD VALUE AND THEIR PROCESSES OF TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION INTO BREAD

D'ARVISENET Gabriel

ABSTRACT

In many countries, the corn is regarded as food source basic. They can be transformed into various derived products. This study aims to determine the food value of the corn grains and to analyze the processes of technological transformation of these bread corn grains. The goal of this study is thus to have the informations and data concerning the biochemical composition of the corn grains and the physical, physicochemical, biochemical and biological phenomena accompanying the various stages by technological transformation of these bread profits. For that, the materials and methods of documentary study were used. The results obtained showed that there are several corn species, but the most significant and the most popular are the durum wheat and the common wheat. The common wheat is used for panification, pastry making and the biscuiterie; while the durum wheat is ready to be transformed into semolinas. The corn grains are primarily sources of starch and, consequently, calories. They contain also others nutriments like the proteins, the lipids, the biogenic salts and the vitamins. For making breads, it is necessary to initially produce flour starting from the corn grains, while following stages of processing. The flour thus obtained is used in panification to produce breads. In this case, various processes are to be considered, but they can be gathered in four units operations: kneading, pointing, dressing and cooking. Various physical, physicochemical, biochemical and biological phenomena accompany these stages.

Key words : *Wheat grain, Food value, Processes, Technological transformation, Flour, Bread.*

Encadreur : Dr RAZAFIMAHEFA

LES GRAINS DE BLE :

LEUR VALEUR ALIMENTAIRE ET LEURS PROCEDES DE TRANSFORMATION TECHNOLOGIQUE EN PAIN

D'ARVISENET Gabriel

RESUME

Dans de nombreux pays, le blé est considéré comme source aliment de base. Ils peuvent être transformés en différents produits dérivés. Cette étude a pour objectif de déterminer la valeur alimentaire des grains de blé et d'analyser les procédés de transformation technologique de ces grains de blé en pain. Le but de cette étude est donc d'avoir d'informations et des données concernant la composition biochimique des grains de blé et les phénomènes physiques, physico-chimiques, biochimiques et biologiques accompagnant les différentes étapes de transformation technologique de ces gains en pains. Pour cela, des matériels et des méthodes d'étude documentaire ont été utilisés. Les résultats obtenus ont montré qu'il existe plusieurs espèces de blé, mais les plus importantes et les plus populaires sont le blé dur et le blé tendre. Le blé tendre est utilisé pour la panification, la pâtisserie et la biscuiterie ; tandis que le blé dur est plus apte à se transformer en semoules. Les grains de blé sont essentiellement des sources d'amidon et, par conséquent, de calories. Ils contiennent aussi d'autres nutriments comme les protéines, les lipides, les éléments minéraux et les vitamines. Avant de confectionner des pains, il faut produire d'abord de la farine à partir des grains de blé, en suivant des étapes de transformation. La farine ainsi obtenue est utilisée dans la panification pour produire des pains. Dans ce cas, différents procédés sont à considérer, mais ils peuvent être regroupés en quatre opérations unitaires : pétrissage, pointage apprêt et cuisson. Différents phénomènes physiques, physico-chimiques, biochimiques et biologiques accompagnent alors ces étapes.

Mots clés : *Grain de blé, Valeur alimentaire, Procédés, Transformation technologique, Farine, Pain.*

Encadreur : Dr RAZAFIMAHEFA