

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES



MEMOIRE DE MASTER

En vue de l'obtention du diplôme de Master 2^{ème} année
En Sciences de la Nature et de la Vie
Option : Sciences Alimentaires

THEME

**Etude de la qualité technologique de quelques nouvelles
variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) cultivées
dans la région Est (Khroub et Guelma)**

Présenté par : BENMEFTAH-BELLOUL Amel

Membre de jury :

Président : Mr RAMDANE S. A. (MAA)

Promotrice : Mme BOUTEKRABT L. (MCA)

Examineurs : Mr AMALOU D. (MAA)

Mr EL HADI D. (MCA)

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

Mon mari et ma fille

Ma mère et mon père

Mes frères et sœurs

Mes proches

Et ma collègue et amis Larem

Pour leurs soutiens et encouragement dans l'accomplissement de ce travail.

Résumé

La production nationale des blés est très irrégulière et elle est marquée par des fluctuations importantes, soit près de 50 millions de quintaux de blé, est importé chaque année.

Afin de diminuer la dépense en matière de blé vis-à-vis des marchés extérieurs, l'état par le biais de l'I.T.G.C. et l'I.N.R.A. a depuis longtemps lancé des programmes de sélection variétale basés sur la recherche de génotype productif.

Le but de cette étude est de déterminer la qualité technologique de 07 variétés de blé tendre, introduites par l'institut technique des grandes cultures (ITGC) pour le développement de la céréaliculture en Algérie. Ces variétés ont été cultivées dans deux fermes de démonstration et de production de semence située dans la zone Est, Khroub et Guelma.

La qualité technologique des échantillons analysés est déterminé par le biais des tests indirects : poids de mille grains, taux d'humidité des grains, taux d'extraction, teneur en cendre, teneur en protéines, test de sédimentation de Zéleny, le test Alvéolink et le test direct : test de panification.

L'analyse statistique réaliser à montré un effet très hautement significatif et hautement significatif de l'effet variété sur la plupart des paramètre analysés dans les deux zones étudiés.

Mots clés : blé tendre, variétés, qualité technologique, valeur boulangère

ملخص

إن إنتاج الحبوب الوطني غير مستقر و هو يعرف اضطرابات كبيرة من سنة إلى أخرى و قد وصلت كمية الحبوب المستوردة إلى ما يزيد عن 50 مليون قنطار سنويا.

و لتخفيض كمية الحبوب المستوردة و التخلص من التبعية للأسواق الدولية قامت الدولة في انجاز مخططات لاستنباط أصناف ذات انتاج وجودة عالية.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الخصائص التكنولوجية ل 07 أصناف من القمح اللين قادمة من المركز العربي لدراسات المناطق الجافة و الأراضي القاحلة من اجل تحسين و تنمية زراعة الحبوب بالجزائر و هذه الأصناف زرعت في محطة التجارب و إنتاج الحبوب المتواجدة في شرق البلاد (الخروب و قالمة).

و قد تم تحديد الصفات التكنولوجية للأصناف المدروسة من خلال إجراء اختبارات غير مباشرة و المتمثلة في: وزن الألف حبة, نسبة الرطوبة, مردود الطحين, نسبة الرماد في القمح, نسبة البروتين في القمح, اختبار الترسيب لزليني, اختبار الالفبولينك بالإضافة إلى الاختبار المباشر المتمثل في صناعة الخبز

من خلال الدراسة الإحصائية للنتائج المتحصل عليها بينت أن هناك اثر ايجابي إلى جد ايجابي للأصناف المدروسة على الاختبارات المجرات في كلتا المحطتين

الكلمات الدالة : قمح لين, أصناف, الخصائص التكنولوجية, القيمة الخيزية.

Summary

The national production of wheat is very irregular and it is marked by important fluctuation, is meadows of 50 million quintals of wheat, is imported every years.

To decrease the spending regarding wheat to wards the overseas markets, the state by means of the I.T.G.C and the I.N.R.A threw for a long time programs of selection varieties based on the search for productive genotype.

This study is to determine the technological quality of 07 varieties of bread wheat which 02 witnesses (batons) and 05 varieties, introduced by the technical institute of the big cultures (ITGC) within the framework of program of collaboration with the Arabic Center for the studies at the level of dry zones and semi dry (ACSAD) for the development of the cultivation of cereals in Algeria. These varieties were cultivated by tows farms of demonstration and production of seed of the technical institute of the big cultures situated in the zone, Khroub and Guelma.

The technological quality of analyzed samples is determined by means of the indirect tests : weight of one thousand grains, rate of humidity of grains, rate of extraction, content in ash, protein content, test of sedimentation of Zeleny, the Alveolink test and the direct tests : test of bread-making.

The statistical analysis realized in shown a very highly significant and highly significant effect of the effect varieties on most of parametrizes analyzed in both zones studied.

Key words : bread wheat, varieties, technological quality, breeding value.

Sommaire

Introduction	1
1ère partie : Synthèse Bibliographique	
Chapitre I : Le grains de blé tendre	3
I.1. Origine géographique et historique des blés	3
I.2. Aspect botanique du grain de blé	4
I.3. Caractéristiques histologiques du grain de blé tendre	5
I.4. Cycle du développement du blé tendre	6
I.5. Composition chimique du grain de blé tendre	10
I.6. Récolte et stockage du blé tendre	12
Chapitre II : Transformation du grains de blé tendre	13
II.1. Processus de transformation	13
II.2. Composition biochimique de la farine	14
II.3. Les différents types de farine	20
II.4. Stockage de la farine	20
Chapitre III: Appréciation de la qualité technologique des blés tendres	22
III.1. Notion de qualité technologique du blé tendre	23
III.2. Tests d'appréciation de la qualité boulangère	23
III.2.1. Tests directs : essai de panification	23
III.2.2. Tests indirects	25
2ème partie: Matériels et Méthodes	
I. Matériel végétal	28
I.1. Localisation des essais	28
I.2. Conditions climatiques des sites étudiés	28
II. Méthodes analytiques	29
II.1. Traitements préliminaires du blé	29
II.1.1. Nettoyage des grains	29
II.1.2. Le conditionnement	29
II.1.3. Mouture des blés	30
II.2. Tests indirects	30
II.2.1. Tests physiques	30
II.2.1.1. Le poids de mille grains	30
II.2.1.2. Détermination de la teneur en eau	31

II.2.2. Tests chimiques et biochimiques	31
II.2.2.1.Détermination du taux de cendre	31
II.2.2.2. Tests de sédimentation (Indice de Zeleny)	31
II.2.2.3.Détermination du taux de protéines	32
II.2.3. Tests technologiques	32
II.2.3.1.Taux de gluten	32
II.2.3.2. Essai à l'alvéographe Chopin	35
II.3. Test direct : Essai de panification	37
III. Analyse statistique	40
3ème partie : Résultats et Discussion	
I. Tests indirects	41
I.1. Poids de mille grains	41
I.2.Teneur en eau des grains	43
I.3. Le taux d'extraction	45
I.4. Le taux de cendre des farines	46
I.5. Indice de sédimentation Zeleny	48
I.6. Teneur en protéines totale des farines	51
I.7. Le taux de gluten	53
I.7.1. Le gluten humide	53
I.7.2. Le gluten sec	55
I.7.3. Le gluten index	56
I.8. L'alvéographe Chopin	58
II. Test direct : Essai de panification	51
Conclusion	66
Références bibliographiques	69
Annexes	74

Liste des abréviations

S.A.U : Surface agricole utile

M.A.D.R. : Ministère de l'agriculture et du développement rural

Kg /hab /an : Kilogramme / habitation / ans

Qx / ha : Quintaux / hectare

ITGC : Institut technique des grandes cultures

INRA : Institut national de recherche agricole

° C : Degré celsius

SDS : Sodium- dodécyl sulfate

CNERNA : Centre national des études et recherches sur la nutrition et l'alimentation

BIPEA : Bureau interprofessionnel d'études analytiques

W : Force boulangère

P : Ténacité

G : Gonflement

P/L : Rapport de configuration entre la ténacité et l'extensibilité

AACC: Américain Association of Cereal Chemistis

ISO: Association Internationale de Normalisation

AFNOR : Association Française de Normalisation

FDPS : Ferme de démonstration et de production de semence

ACSAD : Arabe Center for the Study of Arid zones and Dry lands

DACOSTA : Station expérimentale d'agriculture, Département de technologie des céréales

cm : Centimètre

mm : Millimètre

Kg : Kilogramme

ml : Millilitre

g : Gramme

cm² : Centimètre carré

cm³ : Centimètre cube

h : Heures

% : Pourcentage

NA : Norme algérienne

PMG : Poids de mille grains

HR : Humidité relative

coeff. : Coefficient

A, B, C, D : Groupes homogènes

THS : Très hautement significatif

HS : Hautement significatif

S : Significatif

C.V : Coefficient de variation

E.T: Ecart type

H.G : Humidité des grains

GS/MS : Gluten sec / matière sèche

GH/MS : Gluten humide / matière humide

GI : Gluten index

IDT : identique à la norme ISO

Liste des Figures

Figure 01 : Cycle biologique du blé.....	9
Figure 02 : Présentation schématique de la farine.....	19
Figure 3: Représentation schématique des étapes d'extraction du gluten sec, gluten humide et gluten index.....	34
Figure 4: Interprétation de la courbe Alvéographique	36
Figure 5: Diagramme de panification	38
Figure 6: Effet de l'environnement sur le poids de mille grains.....	41
Figure7: Effet de l'environnement sur la teneur en eau des grains.....	44
Figure 8 : Effet de l'environnement sur le taux d'extraction	45
Figure 9 : Effet de l'environnement sur le taux de cendre des farines.....	48
Figure 10 : Effet de l'environnement sur l'indice de sédimentation Zeleny.....	49
Figure 11 : Effet de l'environnement sur la teneur en protéine des farines	51
Figure 12 : Effet de l'environnement sur le taux de gluten humide	54
Figure 13 : Effet de l'environnement sur le taux de gluten sec	55
Figure14 : Effet de l'environnement sur le gluten index.....	57
Figure 15: Présentation du volume de la variété Acsad 899 dans les deux sites étudiés.....	61
Figure 16: Effet de la quantité des protéines sur l'aspect extérieur des pains.....	62
Figure 17 : Photos de l'aspect extérieur et intérieur des pains des variétés cultivées à la station de Khroub.....	63
Figure 18 : Photos de l'aspect extérieur et intérieur des pains des variétés cultivées à la station de Guelma.....	64

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Composition chimique du grain de blé tendre	10
Tableau 02 : Composition biochimique de la farine de blé tendre.....	15
Tableau 3 : Les différents types de farine du blé tendre.....	20
Tableau 4 : Les variétés de blé tendre étudiées.....	28
Tableau 5 : Pluviométrie enregistrée au niveau des sites étudiés (en mm).....	29
Tableau 6 : Classement des blés en fonction des paramètres alvéographiques	36
Tableau 7 : Grille d'appréciation de la qualité des pains (méthode AFNOR).....	39
Tableau 8 : Résultats du poids de mille grains (g).....	41
Tableau 9 : Résultats de la teneur en eau des grains (%).....	43
Tableau 10 : Résultats du taux d'extraction (%).....	45
Tableau 11 : Résultats du taux de cendre des farines (%).....	47
Tableau 12 : Résultats de l'indice de sédimentation du test de Zeleny (ml).....	49
Tableau 13 : Classement des blés selon leurs force boulangère.....	50
Tableau 14 : Résultats Tableau 16 : résultats du taux de gluten humide %.....	51
Tableau 15 : Résultats du taux de gluten humide %.....	53
Tableau 16 : Résultats du taux de gluten sec (%).....	55
Tableau 17 : Résultats du gluten index	56
Tableau 18 : Résultats des paramètres alvéographiques.....	58
Tableau 19 : Résultats des tests de panification.....	60
Tableau 20 : Echelle de classement des farines selon la norme NF V-03 janvier 2001.....	61

Liste des Annexes

Annexe 1 : Tableau des Résultats de l'analyse statistique de la variance des variétés de station de Khroub	74
Annexe 2 : Tableau des Résultats de l'analyse statistique de la variance des variétés de la station de Guelma	74
Annexe 03: Courbes alvéographiques des variétés cultivées au niveau de la station de Guelma.....	75
Annexe 04: Courbes alvéographiques des variétés cultivées au niveau de la station de Khroub.....	76
Annexe 05: Le matériel utilisés.....	77

Introduction

Introduction

En Algérie, les céréales tiennent la première place quand à l'occupation des terres agricoles; parmi ces céréales, le blé occupe environ 60% des superficies emblavées qui représentent environ 45% de la S.A.U.(M.A.D.R.2001)

Cette culture présente un intérêt nutritionnel important par sa contribution à l'apport énergétique et protéique dans la ration alimentaire quotidienne des algériens. En effet la consommation individuelle de blé en Algérie s'élève à plus de 200 Kg/hab/an en 2003.

La production nationale des deux espèces de blés (blé dur et blé tendre) est très irrégulière et elle est marquée par des fluctuations importantes. Selon le M.A.D.R.(2010); la production nationale de blé était de 20 392 130qx en 2001 (dont 8 003 480 qx pour le blé tendre avec un rendement de 11 qx/ha) pour diminuer à 11 110 325 qx en 2008 (2 972 210 qx pour le blé tendre avec un rendement de 10,6 qx/ha), pour atteindre 31 millions de quintaux en 2010 (dont 9 142 000 qx pour le blé tendre, avec un rendement de 15.93 qx/ha). Cette production reste insuffisante et le reste des besoins soit près de 50 millions de quintaux, est importé.

Afin de diminuer la dépense en matière de blé vis-à-vis des marchés extérieurs, l'état par le biais de l'I.T.G.C. et l'I.N.R.A. a depuis longtemps lancé des programmes de sélection variétale basés sur la recherche de génotype productif.

Le blé tendre, ou froment, est une matière première de base pour la fabrication du pain, en raison de sa composition en gluten supérieure aux autres céréales. Il doit passer par le secteur de la meunerie pour subir la transformation en farine

Les utilisations de blé tendre sont multiples : panification, pâtisserie, biscuiterie... cette diversification des utilisations et l'évolution des technologies de transformation ont conduit les industriels à chercher des qualités plus spécifiques et constantes, bien qu'en Algérie la panification reste l'utilisation majeure des blés tendres ce qui exige un certain niveau des qualités des farines.

La sélection des blés tendres par le seul critère rendement risque d'aboutir à la sélection de variétés de blés tendres impanifiables de part l'existence d'une relation inverse entre le rendement et qualité; ainsi il est plus qu'indispensable de privilégier la sélection de variété de blé tendre à la fois productif et possédant une qualité d'utilisation bonne et régulière.

La création de variétés performantes du point de vue qualité nécessite la connaissance des facteurs biochimiques et génétiques qui sont responsables de ces qualités technologiques et la mise au point de méthodes d'appréciation de la valeur boulangère plus efficaces et applicables précocement en sélection.

A ce titre l'Algérie et plus précisément le ministère de l'agriculture et du développement rural (M.A.D.R) par le biais de l'institut technique des grandes cultures (ITGC) à créé un programme de partenariat avec le centre arabe pour les études au niveau des zones arides et semi arides (ACSAD) en SYRIE ce programme à pour rôle :

L'amélioration de la production des blés et d'orge à travers :

- L'introduction des variétés d'ACSAD à haut rendement, et l'évaluation de leurs performances dans les environnements locaux;
- L'obtention des variétés améliorées de blés et d'orges;
- L'adoption des variétés améliorées pour la production de semence;
- La diffusion des techniques culturales adaptée.

Notre étude à en pur objectifs :

- ✓ L'identification de l'aspect qualitatif des variétés étudiées;
- ✓ De s'assurer de la performances de ces variétés du point de vue qualité technologique;
- ✓ Valorisation de ces variétés en panification;
- ✓ De déterminer le zonage propre pour chaque variété.

Synthèse Bibliographique

Chapitre I : Le grain du blé tendre

I.1. Origine géographique et historique des blés

Les premières cultures de blés sont à l'origine de bouleversements majeurs pour les sociétés humaines. En effet, l'homme pouvant désormais produire sa propre nourriture, sa survie devient moins dépendante de son environnement, ce qui lui permet de se sédentariser.

Le blé représente une base de l'alimentation depuis la plus haute antiquité. Aux temps anciens, il semble avoir été consommé cru, puis grillé ou cuit sous forme de bouillie, puis de galettes sèches élaborées à partir des grains simplement broyés entre deux pierres. Au moyen âge, il s'impose comme l'aliment essentiel de la civilisation occidentale, en raison de la facilité de sa culture, de sa conservation, de son transport et surtout de sa haute valeur nutritive.

L'histoire de l'homme est intimement liée à celle des céréales à paille qu'il a trop tôt appris à domestiquer, cultiver et sélectionner (**Bonjean** et al, 1991). Le nomadisme a progressivement fait place à la sédentarité qui a permis la culture des céréales. Certes, le passage d'une civilisation de nomades (chasseurs, cueilleurs et éleveurs) à celle d'agriculteurs sédentarisés est le résultat de la domestication progressive des graminées cultivées dont la plus ancienne semble être celle du blé dur (**Feillet**, 2000)

La culture du blé est beaucoup moins difficile que celle du riz, elle ne demande ni aménagement spécifique du champ ni un lourd travail d'entretien. Entre la période des labours semi et celle de la moisson, les travaux sont plutôt réduits.

La culture du blé s'est imposée en raison de cette facilité de culture mais aussi parce que l'essentiel des progrès agricoles a été expérimenté sur lui.

Le blé est introduit au Nouveau Monde par Juan Garidon, qui a trouvé trois graines dans un sac de riz les plantes en 1523 dans sa propriété à proximité de Mexicó.

À partir de la seconde moitié du XIX siècle, l'agriculture s'est mécanisée et rationalisée. Les machines agricoles, tirées au départ par des chevaux puis par des machines à vapeurs et enfin, par des engins à moteurs, se sont multipliées en particulier dans les pays développés. Depuis 1950, les récoltes de blé s'effectuent avec des moissonneuses batteuses qui coupent et battent les céréales en une seule opération. De même, des engins agricoles spécialisés existent pour le labour et le semis.

La culture moderne du blé est longtemps restée confinée au bassin méditerranéen et à l'Europe. En Europe, à la fin du XIX siècle, la culture du blé commence à reculer, en raison de la généralisation de l'économie urbaine, du développement des moyens de transport et les

moindres coûts de production en outre-mer. Cependant elle reprend son essor au cours du XX^e siècle grâce aux progrès de la mécanisation, à la sélection de nouvelles variétés productrices et au développement de l'usage de fertilisants. Le blé est, au début du XXI^e siècle, une des céréales les plus rentables à l'intérieur du système des prix européens. L'Europe importait plus d'une dizaine de millions de tonnes de blé au moment de la guerre.

En Afrique, la diffusion des blés se fait à travers plusieurs voies. La route la plus ancienne gagne l'Égypte et se poursuit vers le sudan et l'Éthiopie au sud et vers la Libye à l'est.

L'évolution du blé s'est donc produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante. A ce moment l'amélioration génétique du blé par choix dans les populations cultivées et par hybridation s'est développée, aboutissant à un brassage important des différentes origines du blé.

I.2. Aspect botanique du grain de blé tendre

Le blé tendre est une céréale appartenant au genre **Triticum**, cette plante annuelle de la famille des graminées existait à l'état sauvage il y a de cela des siècles. Un premier croisement accidentel survenu il y'a 10 000 ans entre un blé sauvage (*Triticum monococcum*) et une herbe sauvage (*AE gilops speltoïdes*), a donné naissance à un blé dur (*Triticum turgidum* L.) mille ans plus tard, une seconde hybridation accidentelle donna naissance à une nouvelle espèce le blé tendre (*Triticum aestivum* L.).

Le développement de la plante commence par la germination du blé qui nécessite certaines conditions de milieu: hydratation du grain, celle-ci doit être au moins de 30%, présence d'oxygène libre et une température d'au moins de 2°C.

Lorsque le grain germe, il commence à gonfler par absorption d'eau, puis bientôt, à sa base apparaît une masse blanche, plus au moins saillante. De cette masse se dégage la première feuille de la plante et les premières racines. Il se développe ainsi trois paires de racines, qui disparaissent plus tard et une tige portant la première feuille.

Sous la surface du sol, cette dernière se ramifie en nouvelles tiges et corrélativement, de nouvelles racines se forment à leurs nœuds souterrains celles-ci s'enfonçant obliquement dans le sol en se ramifiant abondamment, elles constituent les vraies racines de la plante. La tige apparaît à la surface du sol et se ramifie.

Le blé reste ainsi un certain temps à l'état de gazon, puis se produit la montée des tiges feuillées.

La tige est un chaume, c'est-à-dire une tige creuse dans les parties situées entre les nœuds. Les feuilles de blé se disposent sur deux lignes opposées et en alternance les unes avec les autres. Après un certains temps de végétation, un épi se forme au sommet de chaque tige.

Après la différenciation des épillets à l'intérieur de celui-ci, les fleurs apparaissent. La phase de la floraison, de la fécondation, est brève, mais elle peut se prolonger si la température est insuffisante.

Après la fécondation, un certain nombre de grains se développent sur chaque épillet. Chaque grain est enveloppé dans des écailles creuses: les glumelles (les balles de blé). (Raymond, 2000)

On peut distinguer plusieurs stades dans la maturation de grain de blé:

Stade laiteux : Le grain est volumineux et encore vert; un jus laiteux sort, si l'on presse sur le grain.

Stade pâteux : Le grain prend une couleur jaune et son intérieur est pâteux.

Stade mur : Le grain a pris sa forme et sa texture définitive, et il est encore relativement mou. C'est le stade où le blé doit être moissonné.

I.3. Caractéristiques histologiques du grain de blé tendre

L'examen histologique du grain de blé permet de mieux comprendre la technique de transformation du blé en farine, mais aussi de bien situer la répartition des différents éléments nutritionnels et leurs devenir dans les opérations de mouture et de tamisage des farines

I.3.1. Le germe

Représente environ 3% du grain de blé, contient une proportion élevée de lipides, protéines, vitamines et éléments minéraux sans oublier les fortes activités enzymatiques. Cette partie est éliminée dans les farines courantes par les techniques actuelles de mouture sur cylindres et se trouve dans les issues (sons et remoulage)

I.3.2. Les enveloppes

Représentent 13 à 15 % du grain, constituées du péricarpe (4%), du tégument séminal (2%) et de l'assise protéique (7 à 9%). elles représentent en fait une membrane souple et dure à briser, dont les différentes couches sont bien soudées entre elles. L'assise protéique assure aussi une forte adhésion de l'amande sur les enveloppes, elle est riche en protéines, en lipide, en vitamines et en composés minéraux. Elle n'est que faiblement incorporée aux farines blanches, à cause des fortes liaisons avec les différentes couches d'enveloppe.

Le péricarpe et le tégument séminal constituent en forte proportion de cellulose et d'éléments minéraux. Après mouture, cette "carapace" externe du grain de blé est appelée "son".

I.3.3. L'amande (Albumen amylacé)

Représente 82 à 85 % du grain, c'est la substance de réserve pour la germination du grain. Elle est constituée de glucides (amidon principalement), de protéines (10 à 12%), et en faible proportion, d'éléments minéraux (0.3 à 0.6%) et de vitamines.

Cette partie du grain est considérée par le meunier et le boulanger comme la partie la plus noble pour son aptitude à la panification, elle est mieux valorisée commercialement que les parties périphériques (Roussel et al, 2002).

I.4. Cycle du développement du blé tendre

Le cycle biologique du blé comprend trois grandes périodes successives subdivisées en phases et en stades (voir figure 01).

I.4.1. Période végétative

Elle se caractérise par le développement strictement herbacé et s'étend du semi jusqu'à la fin du tallage

a. Phase germination- levée

La germination est le passage de la semence de l'état de vie ralentie à l'état de vie active. La température minimum permettant la germination du blé est de 0°C. L'optimum thermique se situe à 25 à 30°C. La germination se traduit par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La date de levée est définie par l'apparition de cette première feuille vers la surface du sol. Pendant cette phase, la plantule vit sur les réserves de la graine.

La composition de ces dernières (teneur en protéines) agit favorablement sur la vitesse de la germination levée. Le stade de levée est atteint lorsque 90% du nombre final des plantes sont levées (Gate, 1995)

b. Phase Levée-tallage

A partir du stade 3-4 feuilles, une première tige apparaît à l'aisselle de la première feuille de la tige principale. L'émergence de cette première tige de la graine de la première feuille constitue le repère conventionnel du stade début tallage. D'autres tiges primaires apparaissent à partir de bourgeons situés à l'aisselle des 2ème et 3ème feuilles du maître-

brin. le tallage s'arrête dès lors que la plante atteint un stade floral suffisamment avancé et que la durée du jour permet l'élongation des entre nœuds. (**Gate**, 1995).

I.4.2. Période de reproduction

Elle comprend la formation et la croissance de l'épi.

a. Phase Montaison-gonflement

La montaison débute à la fin du tallage herbacé. Ce stade est repérable lorsque le sommet de l'épi des tiges principales est en moyenne distant de 1cm du plateau de tallage. La montaison se caractérise par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales: glumelles, organes sexuelles et la miose pollinique qui a lieu un peu avant le gonflement, la montaison s'achève avec l'émission de la dernière feuille et les manifestation du gonflement que provoquent les épis dans la graine.

b. Phase Epiason-floraison

L'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la graine de la feuille étendard (**Gate**, 1987). C'est au cours de cette période que s'effectue la fécondation. Ce stade est très important sur le plan agronomique, du fait que la précocité de l'épiaison dans les zones semi arides permet aux cultures d'éviter les sécheresses de fin de cycle. La floraison chez le blé se réalise en moyenne 8 jours après l'épiaison.

I.4.3. Période de formation et de maturation

Durant cette période, l'embryon se développe et l'albumen se charge de substance de réserve. La croissance du grain suit une courbe sigmoïde avec une phase de faible accumulation de matière sèche, une phase linéaire et enfin un plateau (**Triboi**, 1990).

a. Grossissement du grain

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera orienté vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. A la fin de cette phase, 40 à 50% des réserves se sont accumulées dans le grain. Celui-ci bien qu'ayant pris sa forme définitive, est mou, encore vert et il est facilement écrasable entre le pouce et l'index laissant échapper un liquide blanchâtre: c'est le stade grain laiteux.

L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. (**Singh**, 1982).

b. Maturation du grain

Il s'agit de la dernière phase du cycle végétatif. Entre le stade laiteux et pâteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable c'est la phase caractéristique du remplissage du grain (Gate,1995), le poids frais des grains continue à augmenter alors que celui des tiges et des feuilles diminue. Cette phase se termine par le stade pâteux (45% d'humidité).

La maturité physiologique a lieu quand il y'a plus de migration de matière sèche vers le grain, après ce stade on assiste à une phase rapide de dessiccation, ou le blé devient dur (20% d'humidité) il passera progressivement, à l'état de maturité (15 à 16% d'humidité).

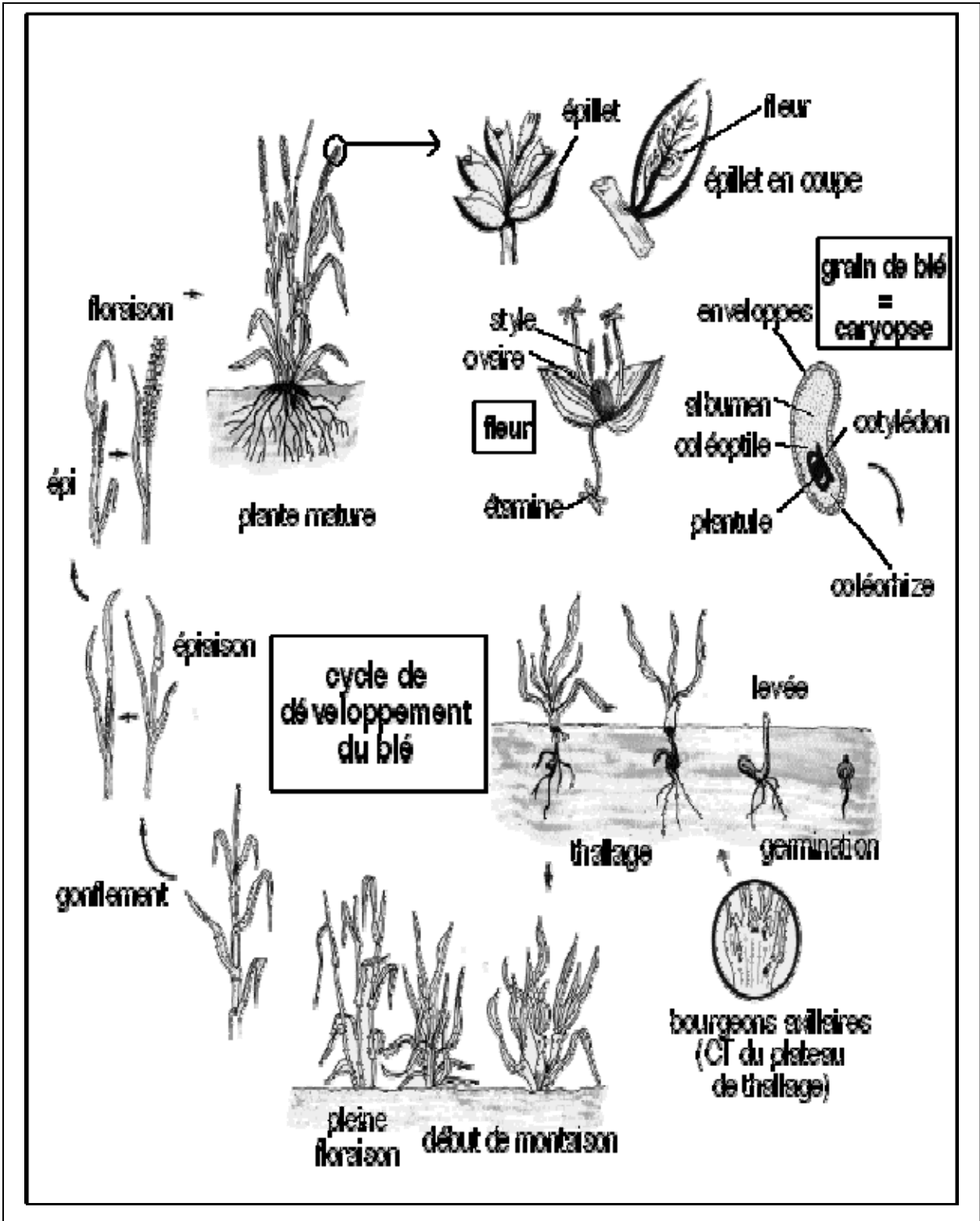


Figure 01 : Cycle biologique du blé (Gate, 1995)

I.5. Composition chimique du grain de blé tendre

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15 % selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10 %); les autres constituants, quelque pourcent seulement sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines.(voir tableau 01). (**Feillet**, 1976)

Tableau 01 : Composition chimique du grain de blé tendre

Nature des composants	Teneurs (%)
Protéines	10 - 15
Amidon	76 -71
Pentosane	8 -10
Cellulose	2 - 4
Sucre libre	2 -3
Lipide	2 - 3
Matière minérale	1.5 - 2.5

I.5.1. Les protéines

Second constituant pondéral des farines après l'amidon, les protéines forme de 8 à 18% de la matière sèche; elle sont inégalement réparties entre les différentes couches histologique du grain, la teneur en protéines de l'albumen amylicé(les future farines) est inférieure d'environ un point à celle du grain. Cette teneur dépend des conditions agro-climatiques de développement de la plante notamment l'alimentation en eau (sécheresse, irrigation) et la fertilisation azotée et les variétés cultivées. C'est à leurs propriétés fonctionnelles très particulières que la farine doit son aptitude à la panification.

I.5.2. L'amidon

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieur. Le grain de blé et l'albumen en contiennent respectivement 67 à 68%. C'est l'un des polymères fonctionnelles les plus important des aliments en raison de son pouvoir gélifiant et fixateur de l'eau.

I.5.3. Les pentosanes

Sont des polysaccharides non amylacés constitutifs des parois végétales, principaux constituant des parois cellulaires de l'albumen (70 à 82%), ils représentent 6 à 8% du grain et 2 à 3 % de la farine; leurs teneurs dans les grains est une caractéristique fortement héritable. On les subdivise en pentosanes solubles (un tiers environ des pentosanes totaux) et en pentosanes insolubles en fonction de leurs solubilités dans l'eau froide, ou en arabinoxylanes et en arabinogalactaires.

I.5.4. La cellulose

La cellulose est un homo polymère linéaire, fibrillaire et partiellement cristallin, résistant à l'hydrolyse, représente 40% du péricarpe (ou se trouve 90% de la cellulose totale du grain, elle est sans effet connu sur la qualité d'usage des farines, sa présence contribue à la valeur énergétique des grains pour les animaux (ruminants et volailles).

I.5.5. Les sucres libres

Elles représentent 2 à 3% du poids de grain. Ce sont des sucres qui favorisent la fermentation, on distingue, le glucose, le maltose, le saccharose et le raffinose (localisé dans le germe).

I.5.6. Les lipides

Ce sont les principales matières grasses du blé, du germe et de la farine, sont des acides gras (acides palmétiques, stéarique, oléique et linoléique), des glycérides simples (principalement des triglycérides (galactiglycérides) et des phospholipides. Elles sont inégalement distribuées dans le grain: le germe et la couche à aleurone en sont particulièrement riches; l'albumen amylicé (les farines) contient la plus grande part des lipides polaire du grain (82% des lipides du grain se retrouvent dans l'albumen, 15% dans les sons et 3% dans le germe). Les lipides des enveloppes contribuent à la structure des parois cellulaires.

I.5.7. Matière minérale

Sont présentés à raison de 2 à 3% de la substance humide du grain.

I.6. Récolte et stockage du blé tendre

La moisson et le battage sont simultanément réalisés et le blé est directement récolté en sac ou en vrac. Le stockage du blé a pour but la conservation des blés après récolte et parfois, aux cours des années qui suivent cette récolte.

La principale condition de bonne conservation du blé réside dans sa faible teneur en eau. Elle est assurée facilement à des humidités inférieures à 14%. Il existe plusieurs procédés de stockage du blé:

- Le stockage en sacs
- Le stockage en tas sur plancheur
- Le stockage en cellule dans des silos.

Le stockage en sacs est plus facile à réaliser. Néanmoins le prix coûteux de la sacherie, les dégâts causés par les rongeurs, les difficultés de surveillance, de la conservation et les frais de manutention font que le stockage en sacs est moins en moins employé.

Le stockage en tas, sur un plancheur est couramment utilisé, de gros tas de blé sont placés sur des plancheurs, généralement en ciment.

On lui préfère, tout fois, lorsqu'il y a possibilité, le stockage du blé en cellule de bois, de métal ou le plus souvent de béton. Ces cellules sont construites en hauteur appelée SILOS. (**Calvel**, 1980).

Chapitre II. Transformation du grain de blé tendre

II.1. Processus de transformation

Le processus de transformation de blé tendre regroupe les opérations de préparations, de broyage des grains et de séparation entre la farine et les parties cellulosiques. Après le nettoyage, les grains sont mouillés pour leur conférer une humidité suffisante entre 16 et 17% selon la dureté des grains, pour une bonne séparation du son de l'amande (**Godon**, 1996).

II.1.1. Nettoyage des grains

Le nettoyage des grains se fait d'après les étapes suivantes:

- Tamisage pour séparer les impuretés plus grosse ou plus fine que le blé. Le tamisage est compensé par une aspiration des débris légers et des poussières.
- Elimination des débris métalliques par un appareil magnétique.
- Triage des grains pour séparer les petites graines par un trieur cylindrique ou un séparateur à disques alvéolés.
- Lavage rapide et essorage, les pierres tombent au fond, les poussières et les débris légers surnagent (grains charançonnés).
- Séchage dans un courant d'air chaud pour amener le blé à 16% ou 17% d'humidité, favorable au broyage.
- Epoutage (pour enlever les poussières collées aux poils radiculaires et dans le sillon) par projection des grains sur une surface dure et rugueuse.
- Brossage entre deux surfaces garnies de poils durs et aspiration des poussières.

II.1.2. Broyage

Le broyage se fait dans des broyeurs à cylindres en acier comportent des rainures et tournent l'un sur l'autre en sens inverse et à des vitesses de l'ordre de 100-150 tours/min pour l'un et 200 - 250 tours/min pour le second, le produit du broyage est la boulange (mélange de farine, de son et de semoule).

II.1.3. Le blutage

Ce sont les planchisters qui font cette opération. Le planchister comporte 4 blutoirs. Chaque blutoir renferme une douzaine de tamis.

Un mouvement de va-et-vient fait descendre la boulange de tamis en tamis. Le premier tamis qui reteint les éléments les plus grossiers, les renvoie au broyage.

Les semoules sont triées par grosseur et sont évacuées vers le convertissage et le claquage. La farine est récupérée. Après le premier broyage, on obtient environ 16% de farine, 65% de semoule et 19% de sons. Par 4 à 7 broyages successifs, des éléments les plus grossiers, on obtient le son qui constitue le refus du dernier broyage.

Les semoules sont sassées afin de séparer les semoules bises des semoules blanches. Les semoules bises de même volume que les semoules blanches sont plus légères.

Le sasseur comporte une soie tendue. En agitant les semoules calibrées, la semoule blanche tombe au début de la soie, la semoule bise tombe en fin de parcours.

II.1.4. Le claquage

Les semoules bises sont envoyées dans des claqueur (broyeur comportant des cannelures très fines) pour séparer l'amande des restes d'enveloppes. Le claquage donne des semoules plus fines, de la farine et du son. Il y a généralement 4 claquages successifs des semoules bises. Le dernier claquage donne les bâtards (semoule fine formée d'amande fortement collée à un morceau d'enveloppe).

II.1.5. Le convertissage

Les semoules blanches sont converties en farine par un broyeur appelé convertisseur. 10 à 15 passages successifs donne de la farine et des remoulages (débris celluloses de l'enveloppe)

Toutes les issues du broyeur, du convertisseur et du claqueur sont blutées à chaque fois par le planchister. En fin de broyage, on obtient environ :

- 70 à 75% de farine blanche
- 25 à 30% d'issues (sons et refus divers : remoulage, bâtards et farine grise)

II.2. Composition biochimique de la farine

D'après **Calvel** (1980), une farine extraite aux environs de 75 – 76%, a une composition chimique représentée dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Composition biochimique de la farine de blé tendre

Composants	Teneurs (%)
Humidité	14 – 16
Matière azotées	8 – 10
Matières minérales	0.45 - 0.6
Matières grasses	1.20 - 1.40
Acidité	0.02 - 0.05
Sucres	01 – 02
Amidon	60 – 72
Matière cellulosique	Traces
Diastase	Plusieurs dont Bêta amylase
vitamines	B - PP - E

II.2.1. L'eau

La teneur en eau des farines est un paramètre importante pour une bonne conservation, et elle ne doit pas dépassée 16%, pour certaines utilisations, notamment à l'exportation, il est nécessaire d'abaisser la teneur en eau des farines jusqu'à 14%, 12% voir même jusqu'à 7%.

La farine est un produit hygroscopique; la teneur en eau des sacs et sachets de farine peut varier au cour du stockage, ainsi que le poids mais la matière sèche demeure constante et le produit garde la même valeur aux points de vue technologique et nutritionnel.

II.2.2. Les protéines

Depuis les travaux d'**Osborne** en 1907, les protéines de farine de blé sont souvent classées d'après leurs caractéristiques de solubilité.

- Les albumines : soluble dans l'eau.
- Les globulines : soluble dans une solution saline.
- Les gliadines : soluble dans une solution d'éthanol à 70%.
- Les glutinines : insoluble dans les solution précédentes.

Il existe d'autre classification plus fine des protéines, faite par des nouvelles techniques de fractionnement qui est basée sur leurs caractéristiques structurales et génétiques.

a. Albumines et Globulines

Les albumines et globuline (protéines solubles) représentent 15 à 20% des protéines de la farine, elles sont constituées d'un grand nombre de protéines qui se différenciés par leur propriétés physico-chimiques (masse moléculaire, composition en acides aminés, point isoélectrique) et fonctionnelles (activité enzymatique, protéases, oxydoréductases, pouvoir émulsifiant et moussant, agent d'échange de liaisons désulfures). (Feillet, 1974)

b. Gliadines

Ce sont des protéines monomériques définie historiquement par leur solubilité dans l'éthanol à 70% elles représentent 30 à 40 % des protéines de la farine et environ 50% des protéines de gluten. Elles sont caractérisées par leur richesse en acide glutamique et en proline et par une faible teneur en acides aminés basiques.

D'après **Mimouni** et al (1998) les gliadines constituent un groupe très homogène de poids moléculaire compris entre 11 000 et 80 000.elles présentent un polymorphisme génétique si important q'elles puissent servir de base à l'identification variétale de blé.

c. Gluténines

Ce sont des complexes protéiques très insoluble dont les chaînes polypeptidiques élémentaires, qualifiées de sous unités gluténines, sont réunies par des liaisons désulfures intermoléculaires. Elles représentent 40 à 50 % des protéines totales et présentant une large distribution de poids moléculaire allant de 100 000 à plusieurs millions (**Melas** et al. 1993).

Cette fraction protéique comparée au gliadines est riche en acide aminé basique et leur teneur en proline et en acide glutamique est également élevée.

II.2.3. L'amidon

Les farines de blé contiennent de 78 à 82% d'amidon. Les granules d'amidon de blé sont des entités semi cristallines formées de deux molécules, l'amylose et l'amylopectine.

a. L'amylose

Représente 26 à 28% de l'amidon, c'est un homopolymère linéaire de 500 à 6000 unités D-glucosyl (sous forme D-glucopyranose) liées par des liaisons alpha-(1,4) et très rares par des liaisons alpha (1,6), sa masse moléculaire est comprise entre 100 et 1000 K Da.

b. L'amylopectine

Représente 72 à 74% de l'amidon, c'est un homopolymère branché de d'une dizaine de milliers d'unité de glucose (sous forme D-glucopyranose).elle a une structure extrêmement ramifiée comportant 5 à 6% de zones de branchements résultant de la formation de liaisons alpha-(1-6), son poids moléculaire atteint 10 5 K Da.

L'amidon intervient de différentes manières au cours de la fabrication du pain :

- C'est une source inépuisable de sucres fermentescibles assurant la multiplication et la croissance des levures.
- C'est également un fixateur d'eau. On admet que l'amidon absorbe 45% de l'eau ajoutée à la farine.
- C'est enfin une charge de remplissage assurant une fonction de dilution du gluten.

Il existe des amidons endommagés qui sont des granules d'amidon qui ont perdu leur intégrité au cours des différents stades de la transformation des blés en farine. (Voir figure 02).

II.2.4. Les pentosanes

Les pentosanes sont des polysaccharides non amylicés constitutifs des parois végétales; principaux constituant des parois cellulaires de l'albumen (70 à 80%), ils représentent 2 à 3% de la farine. On les subdivise en pentosanes solubles(1/3 des pentosanes totaux) et en pentosanes insolubles en fonction de leur solubilité dans l'eau froide ou en arabinoxylyanes et en arabinogalactanes selon que leur squelette est constitué d'unités D-xylose ou D – galactose.

Les pentosane jouent en panification un rôle de pompe ou de réservoir d'eau. Le tiers environ d'eau ajoutée à la farine pour former la pâte se fixerait sur les pentosanes, mais la quantité d'eau fixée dépendrait de pétrissage, selon les cas, les pentosanes fixeraient entre 15 et 25% de l'eau présente dans la pâte, environ 8% dans les meilleurs conditions de pétrissage. (Feillet, 1984).

II.2.5. Les lipides

Les principales matières grasses de la farine sont des acides gras (acides palmitiques, stéarique, oléique, linoléique et linoléique), des glycérides simples (des triglycérides, mono et diglycérides), des glycolipides (galactoglycérides) et des phospholipides.

L'albumen amylicé (les farines) contient la plus grande part des lipides polaires du grain. On estime que 20 à 30% des lipides de la farine, selon le mode de conduite de la mouture, sont issus du germe et de la couche à aleurone, les 70 à 80% résiduels provenant de l'albumen.

Les lipides du germe retrouvés dans la farine proviennent soit de fragments de germes, soit de leur extraction par pression entre les cylindres et migration dans l'albumen au cours du convertissage.

De ce fait, la composition lipidique des farines dépend des conditions de mouture et de leurs taux de purification.

II.2.6. Les enzymes

Les enzymes sont des protéines qui exercent une activité catalytique spécifique d'un très grand nombre de réactions chimiques.

D'après **Buquet** (1974), l'activité amylolytique est la plus importante, viennent ensuite l'activité protéolytique puis l'activité lipasique.

a. Activité amylasique

C'est l'activité amylasique la plus importante sur le plan technologique. Deux types d'enzymes, les alphas et les bêtas amylases de propriétés distinctes participent à l'amylolyse.

L'action du bêta amylase se traduit par une mise en liberté lente et progressive de maltose que l'on apprécie en déterminant ce qui est appelé couramment le pouvoir diastasique de la farine. L'optimum d'activité se manifeste à une température de 50°C et à un PH qui varie de 5 à 5.5.

En panification, l'action de l'alpha et de bêta amylases s'exerce principalement dans la phase de fabrication précédant la cuisson, dès le pétrissage et au cours de la fermentation. Elles assurent la production de maltose pour subvenir aux besoins de la levure.

L'activité des alphas amylases se manifeste plus fortement jusqu'à environ 55°C.

b. Activité protéolytique

L'activité protéolytique propre aux farines est très limitée. Les protéases agissent sur le complexe protéique du gluten. Donnant plus d'élasticité à ce dernier. Elles dégradent les protides en libérant des acides aminés.

c. Activité lipasique

Cette activité provoque une hydrolyse enzymatique des lipides de la farine se traduisant par un accroissement de l'acidité du milieu.

II.2.7. Les vitamines

D'après **Buquet** (1974), les vitamines contenues dans le blé sont essentiellement des vitamines du groupe B. les vitamines A et C étant présentes à l'état de traces. Les vitamines du groupe B ont pour principale fonction d'entrer comme principe actif dans la structure des enzymes qui permettent la production d'énergie cellulaire.

Le blutage de la farine entraîne une perte importante de vitamines, surtout situées à la partie périphérique du grain et dans le germe.

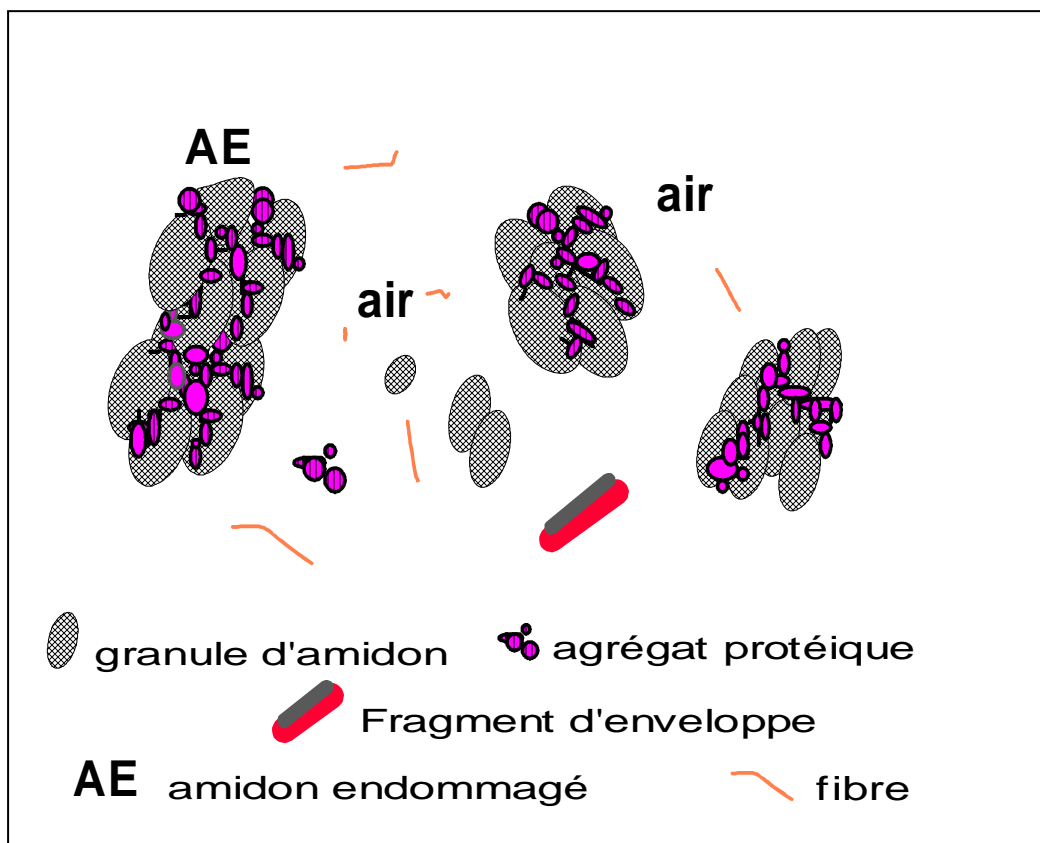


Figure 02 : Présentation schématique de la farine (Berland, 2005)

II.3. Les différents types de farine

La farine de blé tendre est classée en fonction de son taux de cendre et son taux d'extraction.

Les principaux types de farine réglementaires sont illustrés dans le tableau ci-dessous selon **Virling** (2003).

Tableau 3 : Les différents types de farine du blé tendre

Types de farine	Taux d'extraction %	Taux de cendres %	Utilisation
45	68	< 0.5	Sachets, pâtisserie, farine de gruau
55	74	0.5 – 0.6	Pain courant, biscottes, panification, biscuiterie, pâtisserie
65	78	0.62 – 0.75	Biscuiterie
80	82	0.75 – 0.90	Pains spéciaux
110	85	1.0 – 1.2	Pain bis
150	84	> 1.4	Pain complet

II.4. Stockage de la farine

Un stocke de farine entreposé dans un silo ou dans des sacs, est un système écologique constitué d'organismes vivants (microflore, insectes, des rongeurs, ou même des oiseaux) placés dans un environnement physico-chimique caractérisé par sa température, son humidité et sa teneur en oxygène. C'est un biotope artificiellement crée par l'homme dont l'équilibre instable peut être rapidement détruit par des agressions d'ordre abiotique (facteur du milieu) et biotique (facteur biologique).

Des échanges hydrauliques et thermiques s'établissent en permanence entre la farine et le milieu extérieur.

L'évolution de cet écosystème se traduit par une perte de masse due à la consommation des farines par les organismes vivants ravageurs, les valeurs technologiques et hygiénique de la farine peuvent évoluer défavorablement sous l'effet de certaines réaction enzymatiques, d'échauffement localisé ou de l'apparition de mycotoxines, (**Feillet**, 1986).

La microflore de la farine tend même à diminuer sauf si la farine se réhumidifie par exemple à cause des phénomènes de condensation, pour éviter cela des précautions élémentaires doivent être prises; la farine doit être entreposée dans un local sec et frais.

Éviter de laisser reposer les sacs sur une surface dure ou contre un mur. Le stockage doit se faire sur un plancher ou sur des madriers de telle sorte que l'air circule entre les sacs. (Calvel, 1984).

Pour le stockage de la farine en vrac, quelques aménagements particuliers sont exigés:

- Les chambres à farines ou chambres à mélanges doivent être solides et avec des murs lisses.
- Elles doivent être équipées de filtres à air.
- Elles doivent avoir des portes qui assurent une fermeture étanche.

Enfin, éviter d'entreposer les sacs de farine dans des endroits où se trouvent des odeurs étranges.

Chapitre III. Appréciation de la qualité technologique des blés tendres

III.1. Notion de qualité technologique du blé tendre

On regroupe sous terme " qualité technologique" l'ensemble des caractéristiques du blé dont dépend

- ✓ D'une part, le rendement en farine d'une pureté déterminée en fixant les conditions de mouture, c'est-à-dire le poids de la farine obtenue rapporté au poids du blé mis en œuvre (taux d'extraction), on parle alors de **valeur meunière** du blé tendre.
- ✓ D'autre part, l'aptitude de la farine ainsi obtenue d'être valorisée en panification **valeur boulangère**.

III.1.1. La valeur meunière

Cette valeur dépend de 03 groupes de facteurs:

Les facteurs extrinsèques :

Les caractéristiques qui définissent les facteurs extrinsèques ne dépendent pas de la variété et sont très liés aux conditions de récolte et de stockage des blés (teneur en eau, taux d'impuretés et le taux de grains cassés), ces caractéristiques influencent le poids à l'hectolitre qui est un facteur très utilisé au cours des transactions commerciales (**Abecassis**, 1993).

Les facteurs intrinsèques qui dépendent de la nature des variétés par conséquent:

- ✓ Du rapport albumen/enveloppe : qui est fonction de l'épaisseur des enveloppes, de la forme des grains et de son degré d'échaudage. C'est un facteur que l'on cherche aussi élevé que possible.
- ✓ Indice de dureté et résistance à l'écrasement : il est en relation avec l'énergie nécessaire pour assurer la mouture mais aussi qualitativement sur la proportion d'amidon endommagés par la mouture au cours de la fragmentation de l'amande du blé et sur la granulométrie. Elle suppose, pour limiter les fluctuations qualitatives de la farine obtenue, que le meunier adapte la préparation du blé et éventuellement son réglage de moulin.
- ✓ Facilité de séparation de l'albumen des enveloppes : la friabilité diminue lorsque l'indice de dureté augmente (blé hard) et la granulométrie devient plus grossière. le blé soft, à l'inverse, offre une cohésion moins forte des constituants de l'amande (granules d'amidon, protéines, fibres). La fragmentation est plus facile, les farines sont plus fines et les risques d'endommagement de l'amidon sont moindres.

Des facteurs réglementaires:

Le taux de cendre : plus ce taux est faible plus le produit est pur du point de vue réglementaire

III.1.2. La valeur boulangère

Pour **Calvel** (1973) " la valeur boulangère représente les aptitudes d'un blé ou d'une farine à donner du bon et du beau "pain" cette définition suppose une connaissance parfaite de la technologie boulangère et comprend les habitudes subjectives du consommateur.

Cette valeur dépend des qualités physiques de la pâte (force, ténacité, extensibilité) et des qualité fermentatives (richesse en sucre et équilibre enzymatique de la farine).

Elle peut être appréciée soit par un test direct (essai de panification) ou des tests indirects (tests de SDS, Zeleny, tests rhéologiques,...).

La valeur boulangère tient compte de la qualité de la pâte (tolérance au pétrissage, machinabilité, activité fermentative et développement de la pâte) et du pain (qualité de la mie: couleur, odeur et texture) ainsi que de l'aspect extérieur de ce dernier (volume approprié, couleur et aspect de la croûte). (**Menkovska** et al. 2002).

Différents facteurs agissent sur l'expression de la valeur boulangère d'un lot de grain de blé, il s'agit du génotype, des conditions de culture (année, lieu,...) et ou l'interaction génotype x milieu, ces facteurs peuvent exercer leur influence par des variation protéiques en quantité et en qualité ce qui explique pour une grande part les variations de la qualité boulangère. (**Boushuk**, 1984)

III.2. Tests d'appréciation de la qualité boulangère

III.2.1. Tests directs : Essai de panification

Pour un meunier, un boulanger ou un biscuitier, il n'existe certainement pas de meilleure méthode pour apprécier la qualité d'un échantillons de blé que de le soumettre à une transformation identique à celle pour laquelle cet échantillon est destiné, ce sont les tests directs de panification, de fabrication de biscuit (**Branlard** et al, 1986).

Pour **Calvel** (1980), l'essai de panification demeure le meilleur moyen d'évaluation de la valeur boulangère.

Pour **Roussel** (1984) le test de panification reste le moyen le plus fiable pour apprécier la valeur boulangère d'un blé donné car il permet de juger la pâte et le pain. Un test de

panification de type CNERNA ou BIPEA, consiste à fabriquer un pain, dans des conditions fixées pour apprécier la qualité des pâtes et des pain.

Le pain est le résultats de transformations physiques, des réactions chimiques et d'activités biologiques très complexes qui se produisent au sein d'un mélange de farine, d'eau, de sel et de levure et parfois quelques autres ingrédients (acide ascorbique, farine de fève, enzymes,...), sous l'action d'un apport contrôlé d'énergie mécanique et thermique.

La fabrication du pain dure environ cinq heures et comporte les étapes suivantes : (AFNOR, 1982)

a. Pétrissage

Le pétrissage consiste à mélanger les ingrédients (farine, eau, sel levure et parfois améliorant) dans un pétrin jusqu'à formation d'une pâte homogène, lisse, tenace et viscoélastique.

Au cours de cette opération la pâte est soumise à des forces intenses d'extension, de compression et de cisaillement qui sont fonction de la géométrie de l'ensemble des pièces de pétrin et de la vitesse de rotation des bras, ainsi que de ses propriétés rhéologiques.

Lorsque les ingrédients sont pétris, le mélange subi une importante évolution, les particules de farine s'hydratent, le mélange perd son caractère humide et granuleux, la pâte se forme, devient lisse, homogène et s'affermit.

Si le pétrissage se produit au-delà du développement maximal, la pâte s'affaiblit puis s'effondre et devient collante en raison de l'accroissement de mobilité de ses constituants.

b. Pointage en cuve

Période de première fermentation en masse qui a pour objectif dans les méthodes traditionnelles de permettre la prise de force et d'améliorer la structure de la pâte en favorisant la rétention des gaz. Son rôle est favorable au développement des composés aromatiques

c. Divisage et pesage

L'objectif de l'opération de divisage est de préparer à partir d'une quantité de pâte, des pâtons dont la masse est définie en fonction de la masse des produits cuits. Cette opération s'effectue avec des diviseurs

d. Boulage (Calibrage)

Elle consiste à donner aux pâtons une forme ronde tout en lui assurant un niveau de tension adapté à l'étape de fabrication qui va succéder.

A la différence du boulage, le calibrage a pour objectif de donner une forme régulière au pâton sans créer de tension

e. Détente (Relaxation)

Cette opération permet à la pâte de reprendre de la souplesse ou de l'extensibilité nécessaire pour subir d'autres déformations.

f. Façonnage

Il permet de donner la forme finale du pain. La mise en forme et l'allongement progressif se fait en alternance avec des phases de repos et de relaxation. Cette opération est réalisée à l'aide d'une façonneuse

g. L'apprêt

C'est la deuxième fermentation dont le but principal est d'amener le pâton à un développement optimal avant sa mise au four, tout en ayant une stabilité suffisante. Cette opération se passe dans des chambres de fermentations

h. Cuisson

La cuisson résulte d'un échange de chaleur entre l'atmosphère du four et la pâte à cuire. Elle se caractérise par une expansion et une transformation physico-chimique de la pâte sous l'action de la chaleur.

Ces modifications assurent par rapport aux produits non cuits une qualité organoleptique supérieure, une meilleure aptitude à la conservation pour les produits de panification et une meilleure digestibilité.

Vu la complexité du test de panification, la lourdeur de sa mise en œuvre, le coût élevé et la difficulté à interpréter les résultats sont plus ou moins corrélés avec ceux des tests directs.

III.2.2. Tests indirects

Devant la nécessité de maîtriser la qualité de la farine pour en faire du pain, les professionnels ont été conduits à concevoir des appareils pour évaluer les caractéristiques technologiques des produits de mouture et de la pâte, parmi les tests les plus figurent :

a. Le test du mixographe : qui est aujourd'hui très utilisé par les Anglo-saxons.

Selon **Martinant** et al. (1998) le mixographe s'est avéré être un outil puissant pour évaluer les indices de la qualité boulangère.

Chung et al. (2001) mentionnent que les paramètres informatisés du mixographe peuvent être utilisés pour l'évaluation de la qualité boulangère des lignées en sélection du fait qu'il existe des corrélations significatives entre les paramètres conventionnels et ceux informatisés.

b. L'alvéographe de Chopin : C'est un appareil très utilisé en France, mais aussi dans de nombreux pays francophones pour évaluer la ténacité (P), l'extensibilité (G) et la force de la farine (W).

Une version miniaturisée de cet appareil permet de réaliser des alvéogrammes sur 50g de farine au lieu de 250g.

c. Le farinographe : Il est largement utilisé dans le monde pour apprécier au cours du pétrissage la capacité d'absorption de l'eau d'une farine, ainsi que certaines caractéristiques technologiques (le temps de développement de la pâte et l'affaiblissement...).

d. Le test à l'extensigraphe : est très utilisé pour évaluer la valeur d'utilisation d'une farine, il mesure la résistance d'une pâte à l'étirement et permet d'observer la ténacité et l'extensibilité de celle-ci (**Kleijer**, 2002)

D'autres recherches basées sur la composition des protéines dites de réserve ou du gluten ont aussi permis de développer un certain nombre de tests indirects d'appréciation de la qualité des farines.

e. Le test de Zeleny consiste à mesurer l'aptitude des protéines à gonfler dans un milieu lactique (**Kleijer**, 2002).

f. Test de sédimentation SDS: **Axford** et al.(1978) ont mis au point le test de sédimentation SDS basé sur le gonflement des protéines de la farine dans une solution d'acide lactique en présence d'un détergent très actif : le Sodium Dodécyl Sulfate (SDS).

Pour **Brady** et al. (1999) un volume de sédiment élevé est associé à une bonne force de gluten et qualité boulangère supérieur; cependant il reste influencé par le poids de l'échantillon, le génotype, l'environnement et leur interactions.

g. Le test de la capacité de rétention de solvant (Solvent Retention Capacity), adopté par l'AACC International (2000) est utilisé comme test de prédiction de la qualité technologique de la farine de blé tendre.

Les différents tests indirects de l'appréciation de la qualité technologique de la farine de blé tendre dépendent de la qualité et de la quantité des protéines notamment celle du gluten (glutinines et gliadines).

Matériel et méthodes

I. Matériel végétal

Dans le souci d'améliorer la qualité du blé tendre, le présent travail a pour objectif de sélectionner les variétés les plus performantes, et cibler les potentiels génétiques qui expriment au mieux leurs qualités technologiques en s'adaptant à des milieux différents.

I.1. Localisation des essais

Les essais ont été menés au niveau de deux fermes de démonstration et de production de semence de l'Institut Techniques des Grandes Cultures (ITGC) : Khroub et Guelma.

Le matériel végétal étudié est composé de 07 variétés de blé tendre (*Triticum aestivum*) dont deux témoins dans chaque ferme de démonstration (Hiddab et Ain abid) et 05 variétés qui sont introduites en Algérie dans le cadre du programme de collaboration entre l'Algérie et le centre arabe pour les études au niveau des zones arides et semi arides en Série (ACSAD). (Voir tableau 4)

Tableau 4 : Les variétés de blé tendre étudiées

Le nom d'origine	Nom d'homologation	Date d'homologation
Hiddab	HD1220	1998
Ain abid	AS81189'A'	1998
Acsad 899	Djanet	2012
Acsad 885	Rmada	2010
Acsad 969	Djemila	2012
Acsad 901	Mawna	En cour d'homologation
Acsad 981	-	Pas encore homologué

I.2. Caractéristiques climatiques des sites étudiés

Les conditions climatiques enregistrées durant cette campagne (2011/2012) étaient convenable dans l'ensemble au niveau des deux stations (Khroub et Guelma)

- L'automne (septembre, octobre et novembre) a connu un excès en quantité d'eau au niveau de la station de Guelma (58%) et un déficit au niveau de la station de Khroub (-1%) par rapport à la moyenne enregistré durant la période (1989 - 2009).

- L'hiver (décembre, janvier et février) a connu un excès en pluviométrie dans les deux stations étudiées (Guelma 31%, Khroub 57%). Mais la répartition de cette quantité d'eau était irrégulière durant cette saison, la plus grande quantité a été enregistrée durant le mois de Février avec (voir tableau)
- Le printemps a connu aussi un excès en quantité d'eau au niveau des deux sites .

Tableau 5 : Pluviométrie enregistrée au niveau des sites étudiées (en mm)

FDPS	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Ave.	Mai	Juin	Total
Guelma	19	178	40	80	63	141	89	52	05	01	668
khroub	13.4	87	26.8	53.3	35	213	52	58	20	06	564.5

Source (station météo des stations ITGC)

II. Méthodes analytiques

Plusieurs méthodes physiques, chimiques et technologiques ont été employées afin d'évaluer qualitativement et quantitativement différents paramètres indispensables à la caractérisation des variétés de blé tendre étudiées.

Les grains de blé tendre ont été réceptionnés au laboratoire de technologie des céréales de l'institut techniques des grandes cultures. Les tests directs et indirects effectués sur les différentes variétés, ont été réalisés sur des échantillons de 02kg.

II.1. Traitements préliminaires du blé

II.1.1. Nettoyage des grains

Les grains ont subi un nettoyage manuel pour les débarrasser de toutes impuretés (pierres, insectes, graines d'autres espèces,...)

II.1.2. Conditionnement

Le blé est additionné d'une certaine quantité d'eau pour ramener son humidité à 16.5% et conditionné entre 24 et 48 heures à température ambiante dans des bocal hermétiquement fermés placés dans des mélangeurs CHOPIN assurant l'agitation et le mélange uniforme entre l'eau et les grains. Ce conditionnement permet une bonne séparation de l'amande farineuse des enveloppes lors de la mouture.

La quantité d'eau à ajouter pour atteindre une humidité de 16.5% est déterminée à partir de la relation suivante :

$$V \text{ (ml)} = (16.5 - H) * 12$$

V : volume d'eau a ajouté à l'échantillon (en millimètre)

H: teneur en eau des grains (%)

II.1.3. Mouture des blés

Les objectifs de la mouture sont de séparer au mieux l'amande de l'enveloppe et du germe du blé pour réaliser le meilleur rendement en farine et de réduire les fragments d'amande en éléments suffisamment fins pour obtenir de la farine

La mouture a été réalisée au laboratoire de technologie des céréales de l'ITGC après 48 heures de repos à l'aide d'un moulin expérimental de type "CHOPIN – DUBOIS".

Après mouture, la farine est conservée dans des sachets en papiers pour limiter les modifications de sa composition biochimique et ses paramètres technologiques.

II.2. Tests indirects

II.2.1. Test physique

II.2.1.1. Le poids de mille grains

C'est un critère essentiellement variétal, qui dépend aussi des conditions de culture. Le PMG est la détermination en grammes de la masse de 1000 grains entiers à l'aide d'un **Numigral** et il doit être aussi élevé que possible. (NA.730.1991.E, ISO520).

L'étude du poids de mille grains a deux intérêts principaux:

- **Intérêt agronomique**: c'est un indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement (échaudage, les maladies ou l'attaques des insectes)
- **Intérêt industriel**: il représente un des indicateurs du rendement technologique dans les industries de transformation.

$$PMG/MS = PMG \times (100 - H) / 100$$

H : Taux d'humidité des grains (en %)

PMG : Masse de mille grains tels quel (en gramme)

PMG/MS : poids de mille grains /matière sèche (en gramme)

II.1.1.2. Détermination de la teneur en eau

Elle est déterminée par séchage de 5 grammes du produit (mouture entière, farine et produits dérivés) à une température de 130°C dans une étuve (NA 1132-1990, ISO712)

$$H (\%) = (M0 - M1) / M0 \times 100$$

M0 : la masse en gramme, de la prise d'essai

M1: la masse en gramme, de la prise d'essai après séchage

La durée d'étuvage varie en fonction de la nature du produit:

- Mouture entière : 2 heures
- Farine : 1h30 min

II.2.2. Tests chimiques et biochimiques

II.2.2.1. Détermination du taux de cendres

C'est la détermination du taux de matière minérale, principalement répartie dans les enveloppes et le germe, elle permet de donner une indication sur le taux d'extraction en meunerie. C'est une incinération d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante, à une température de 900°C, jusqu'à combustion complète de la matière organique. C'est un test qui est réalisé sur les grains et sur la farine (NA.733.1990.E, ISO 2171).

$$TC (\%) = ((M1 \times 100) / M0) \times 100 / 100 - H$$

M0 : La masse en gramme de la prise d'essai

M1 : La masse en gramme du résidu

H : La teneur en eau de l'échantillon

II.2.2.2. Test de sédimentation (Indice de Zeleny)

Il donne une indication globale sur la qualité du gluten. C'est la mise en suspension d'une prise d'essai de farine de blé tendre dans un mélange d'eau, d'acide lactique et de bleu de Bromophénol, le volume du sédiment est mesuré en millilitres selon l'échelle de notation suivante: (NA. 1184-1994 E, ISO 5529)

- Moins de 18ml : insuffisant
- De 18ml à 28ml : bonne force boulangère
- De 28ml à 38 ml : très bonne force boulangère
- Plus de 38 ml : blé améliorant

II.2.2.3. Taux de protéine

La teneur en protéines est déterminée par la méthode de **KJEDHAL**, elle est calculée à partir de la teneur en azote multipliée par un coefficient 5.7 et rapporté à la matière sèche. C'est la transformation de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud, en présence d'un catalyseur approprié (**NA 1185-1990, ISO 1871**). Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{TA (\%)} = (0.0014 \times V \times 100)/m) \times 100/(100-H)$$

$$\text{TP (\%)} = \text{TA} \times 5.7$$

V: volume de la solution d'acide, versé à la burette lors du titrage (en millimètre)

M: masse en gramme de la prise d'essai

H : teneur en eau de la prise d'essai

TA : taux d'azote

TP : taux de protéines

II.2.3. Tests technologiques

II.2.3.1. Taux de gluten :

a. Gluten Humide

Le gluten humide d'une farine de blé est la substance plasto-élastique composé principalement de gliadine et de gluténine, il constitue l'armature de la pâte et lui communique ces propriétés rhéologiques.

C'est la préparation d'une pâte au moyen d'un échantillon de farine et d'une solution de chlorure de sodium, puis l'essorage et la pesé du produit obtenu. (**NA.735.1991, ISO 5531**).

Les résultats sont exprimés comme suit

$$\text{GH/MS (\%)} = (\text{GH} \times (100/100-H)) \times 10$$

b. Gluten Sec

Le gluten humide obtenu précédemment est placé dans un **Glutork** (plaque chauffante) pendant 3 min. (NA.736.1991, ISO 6645)

Les résultats sont exprimés comme suit:

$$\text{GS/MS (\%)} = (\text{GS} \times (100/100-\text{H})) \times 10$$

c. La capacité d'hydratation : Elle est calculée selon la formule suivante :

d. Gluten index : Il est calculé selon la formule suivante:

$$\text{GI} = (\text{quantité du gluten restant sur le tamis/GH}) \times 100$$

GH/MS : gluten humide par- apport à la matière sèche

GS/MS : gluten sec par- apport à la matière sèche

H : teneur en eau de la prise d'essai

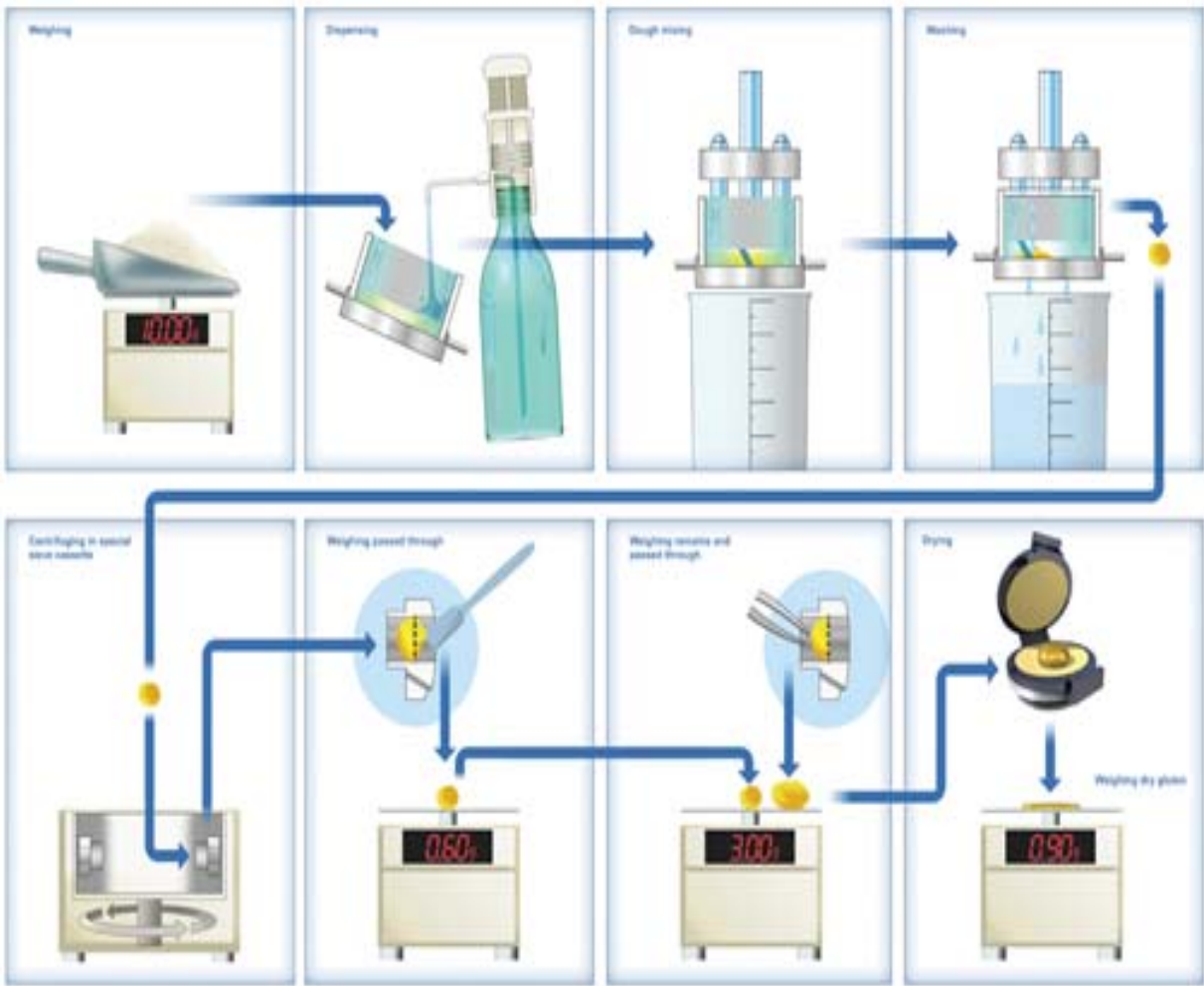


Figure 3: Représentation schématique des étapes d'extraction du gluten sec, gluten humide et gluten index

II.2.3.2. Essai à l'alvéographe Chopin

Le test à l'alvéographe Chopin a été effectué selon la norme **ISO 5530-4**.

Principe

C'est l'étude du comportement d'un échantillon de pâte, formé à partir d'un mélange de farine et d'eau salée lors de sa déformation sous l'effet d'un déplacement d'air à débit constant. Dans un premier temps, le disque de pâte résiste à la pression et ne se déforme pas, puis il gonfle sous forme de bulle plus ou moins volumineuse selon son extensibilité et éclate. L'évolution de la pression dans la bulle est mesurée et reportée sous forme de courbe, appelée Alvéogramme.

Expression des résultats

Ce test mesure les caractéristiques rhéologiques de la pâte en donnant sa force (W), sa ténacité (P) et son extensibilité (L). A partir de P et L on calcule le rapport P/L, qui traduit l'équilibre de la courbe alvéographique (**Oury et al. 1994**).

Les différents paramètres alvéographiques sont : (figure 4)

Ténacité de la pâte (P en mm) : c'est la moyenne des ordonnées maximales mesurée en millimètres et multipliée par 1,1 qui représente la valeur de la surpression maximale P, qui est en relation avec la résistance de la pâte à la déformation.

Extensibilité de la pâte (L en mm) : c'est la longueur de la courbe de gonflement, mesurer en millimètres sur la ligne de zéro, à partir de l'origine des courbes jusqu'au point correspondant verticalement à la chute nette de pression due à la rupture de la bulle

Gonflement de la pâte (G cm³) : représente l'extensibilité biaxiale de la pâte et c'est la moyenne des indices de gonflement lus sur l'abaque de gonflement correspondant aux abscisses de rupture, cette valeur est la racine du volume d'air, exprimée en millimètres, nécessaires pour développer la bulle jusqu'à rupture.

La force boulangère (W en 10⁻⁴ joules ou ergs) : représente le travail de déformation de la pâte, il correspond à l'intégration de la pression jusqu'à la rupture de la pâte.

P/L : c'est le rapport de configuration de la ténacité / l'élasticité.

Indice d'élasticité (Ie) : se calcule par la formule suivante $Ie = P_{200} / P_{max}$ (**Kitissou et al, 1995**).

Les valeurs caractéristiques moyennes pour l'alvéographe sont enregistrées dans le tableau (6).

**Tableau 6: Classement des blés en fonction des paramètres de l'alvéographe
ISO 553064**

Blé type boulangerie	Blé améliorant	Blé de force	Blé impanifiable	Blé panifiable courant
W = 130 - 180 G = 20 - 23 P/L = 0.45- 0.65	W = 180 -250 P/L =0.45 - 0.65	W > 250	W < 130	W = 130 - 250 P/L non équilibré

Pour l'indice d'élasticité I_e , **Berland** et **Roussel** (2005) ont rapporté les caractéristiques suivantes:

- Moins de 35 : Insuffisant
- De 35 à 45 : Moyen
- De 45 à 55 : Bon
- Plus de 55 : Elevé

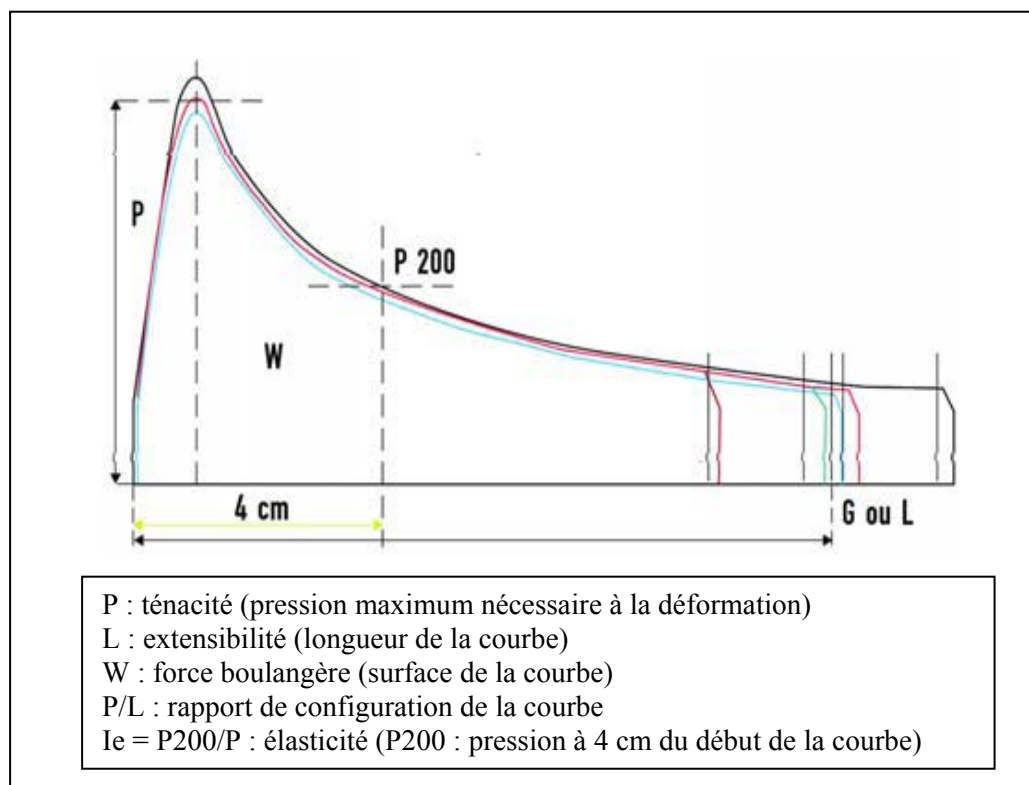


Figure 4: Interprétation de la courbe Alvéographique

II.3. Test direct : Essai de panification

Le test de panification nous permet de contrôler l'aptitude d'une farine à être panifiée en étudiant, les caractéristiques de la pâte et des pains. Le test est effectué selon la norme **NF V03-716, janvier 2001**.

Principe

Obtention d'une pâte par pétrissage intensifié de farine, d'eau, de levure et de sel sans autres ingrédients, suivi d'un pointage de 45 min, d'un façonnage manuel, puis d'un long apprêt sur couche. Incision des pâtons par plusieurs coups de lame, puis mise au four et cuisson à 260°C pendant 25min. (Figure 5).

Expression des résultats

Plusieurs critères sont pris en considération pour juger la valeur boulangère de la farine, la somme des observations appréciées présentée dans la grille de notation constitue la note finale de cette valeur boulangère qui est exprimé sur 300 points (tableau 8), et qui est divisée en:

- Note de pâte sur 100 points;
- Note de pains sur 100 points;
- Note de mie sur 100 points.

Le caractère normal ou satisfaisant pour une observation sera noté dans la case 10. Un défaut est à considérer soit par insuffisance, soit par excès. L'intensité de défaut se qualifie à trois niveaux et il est noté comme suit :

- Défaut peu intense = 7
- Défaut intense = 4
- Défaut très intense = 1

La grille de notation utilisée dans la méthode **AFNOR** fait apparaître un nombre de critères assez important. S'ils ont été retenus, c'est parce qu'ils correspondent à des évaluations qualitatives effectuées par les professionnels notamment au stade artisanal. La qualité d'un blé tendre passe donc par l'analyse du comportement de la farine correspondante à différents stades de sa transformation. (**Berland, 2005**).

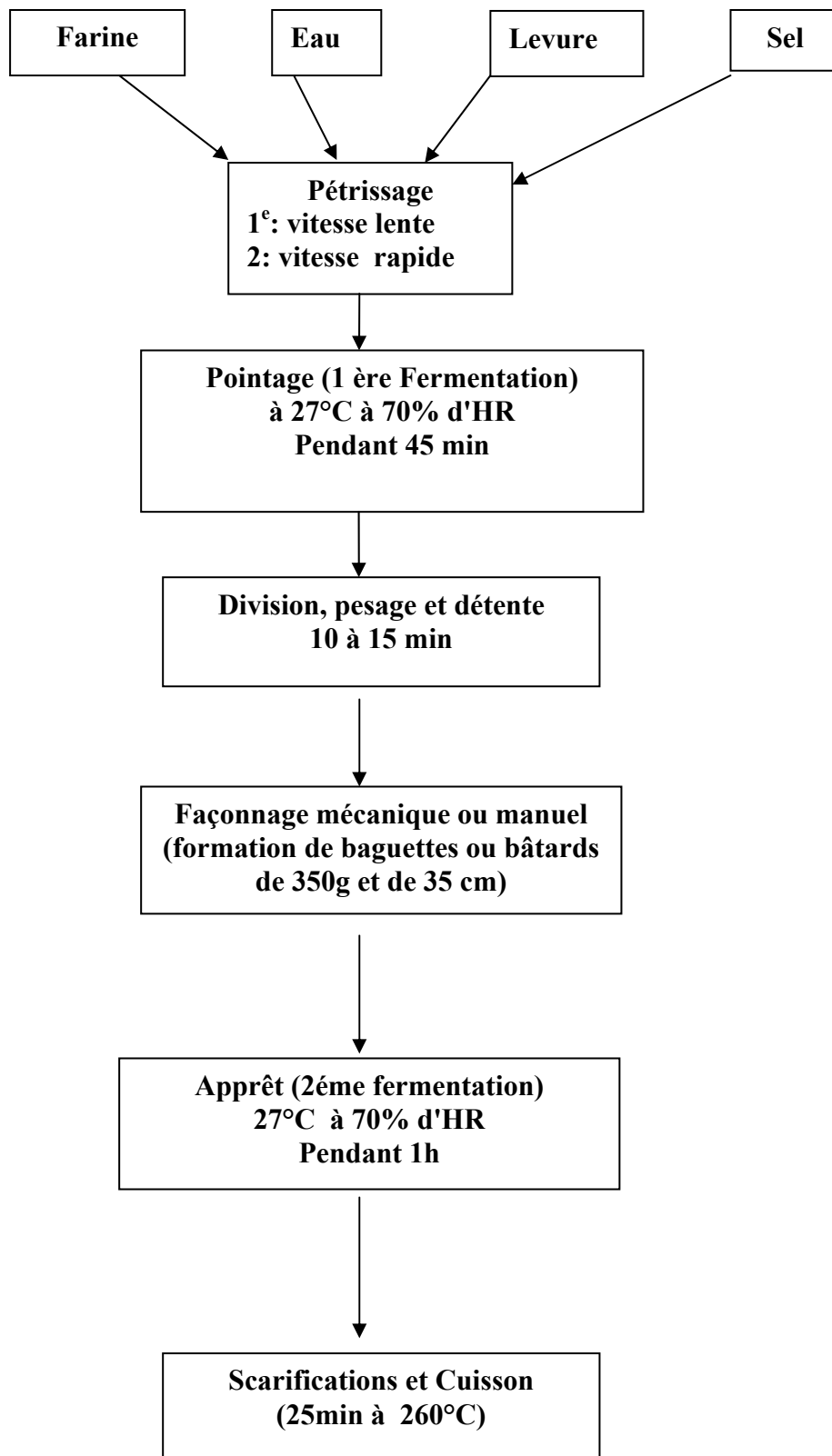


Figure 5: Diagramme de panification (méthode AFNOR)

Tableau 7: Grille d'appréciation de la qualité des pains (méthode AFNOR)

Interprétations	insuffisanc				excès			principe de calcul	
	1	4	7	10	7	4	1	des notes	
Lissage								× 0,5	/ 5
Collant de la pâte								× 0,5	/ 5
Consistance									
Extensibilité								× 0,5	/ 5
Elasticité								× 0,5	/ 5
Relâchement								× 0,5	/ 5
PETRISSAGE								total=	/ 25 × coef (*) = / 25
Pousse en cuve									
Détente : relâchement								× 1	
POINTAGE								total=	/ 10 / 10
Allongement								× 0,5	/ 5
Déchirement								× 0,5	/ 5
Elasticité								× 0,5	/ 5
Collant de la pâte								× 1	/ 10
FACONNAGE								total=	/ 25 × coef (*) = / 25
Activité fermentative								× 0,5	/ 5
Déchirement								× 0,5	/ 5
APPRET								total=	/ 10 / 10
Collant de la pâte								× 1	/ 10
Tenue								× 2	/ 20
MISE AU FOUR								total=	/ 30 × coef (*) = / 30
								total pâte	/ 100
Volume des pains								total=	/ 30 / 30
Section								× 1	/ 10
Couleur								× 2	/ 20
Epaisseur								× 0,5	/ 5
Croustillant								× 0,5	/ 5
Coup : Développement								× 1	/ 10
de : Régularité								× 1	/ 10
lame : Déchirement								× 1	/ 10
ASPECT DU PAIN								total =	/ 70 × coef (*) = / 70
								total pain	/ 100
Couleur								× 1	/ 10
Texture : souple								× 1	/ 10
Elasticité								× 1	/ 10
Collant								× 1	/ 10
Alvéolage : régularité								× 1	/ 10
Epaisseur								× 1	/ 10
Flaveur								× 4	/ 40
ASPECT MIE								total mie	/ 100
								Valeur boulangère	/ 300

III. Analyse statistique

Pour l'analyse des résultats nous avons utilisés le logiciel STATISTICA et l'analyse appliquée est l'analyse de la variance pour la comparaison des moyenne et le test de Student Newman et Keuls pour la détermination des groupes homogènes.

Résultats et discussion

I. Tests indirects

I.1. Poids de mille grains

Les résultats se rapportant au test physique, poids de mille grains sont enregistrés dans le tableau 08 et illustrés par la figure 06.

Tableau 08 : Résultats du poids de mille grains (g)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	31.96 BC	35.14 BC
Ain abid	30.95 C	35.08 BC
Acsad 899	32.38 B	34.61 C
Acsad 885	34.95 A	37.14 A
Acsad 969	35.41 A	35.46 BC
Acsad 901	32.1 BC	35.91 B
Acsad 981	31.13 BC	35.92 B
Moyenne	32.70	35.61
CV%	1.18	0.31
E.T	0.38	0.88
Signification	THS	HS

A, B, C, BC : Classement des groupes homogènes

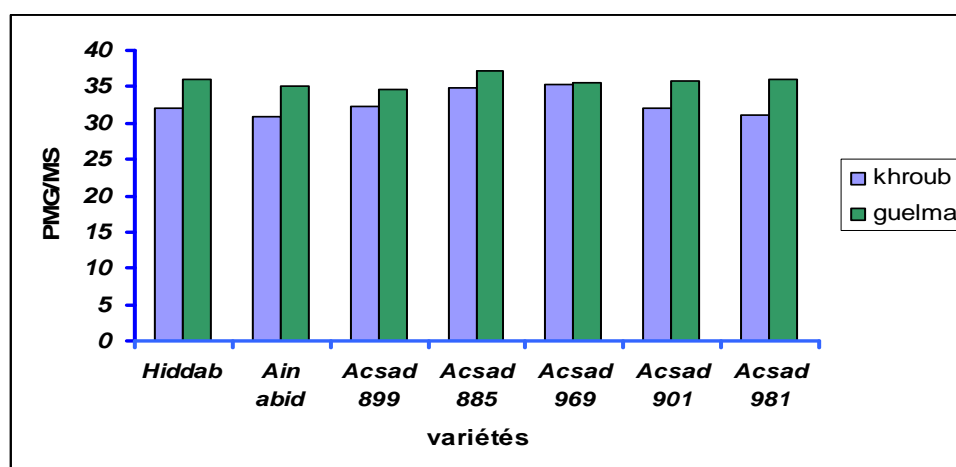


Figure 06: Effet de l'environnement sur le poids de mille grains

L'analyse statistique de la variance du poids de mille grains indique que l'effet de la variété est très hautement significative au niveau de la station Khroub alors qu'il est hautement significative au niveau de la station de Guelma.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de plusieurs groupes homogènes, et révèle que la station de Guelma a réalisé de meilleurs résultats que celle de Khroub (35.61g et 32.70g en moyenne) avec un écart de 3g. La variété Acsad 885 est la meilleur variétés car elle est classée dans le groupe (A) dans les deux stations étudiées. (Tableau 08).

A la station de Guelma le poids le plus élevé a été obtenu chez la variété Acsad 885 (37.14g) et le poids le plus faible chez la variété Acsad 899 (34.61g), alors qu'au niveau de la station de Khroub la plus grande valeur est trouvé aussi chez la variété Acsad 885 (34.95g) et la plus petite valeur chez le témoin Ain abid (30.95g). (Figure06)

Ces différences de fluctuations pourraient provenir d'une part, du caractère variétal et d'autre part, des conditions climatiques dans les quelles ont évolué les génotypes. En effet le total des précipitations enregistré par les stations météo des stations étudiées durant cette campagne a montré que la station de Guelma à bénéficier d'une forte pluviométrie par-apport à la station de Khroub (respectivement 668 mm, 574mm).

Le poids de mille grains enregistré chez les deux stations reste moyen comparé aux normes recommandées, ce qui est due probablement aux faibles quantités de pluie enregistrées durant la période de remplissage des grains qui correspond au mois d'Avril - Mai, en effet **Whan** et al, (1996), ont indiqué que la contribution de la durée de remplissage dans la détermination du poids du grain serait plus due à l'influence de l'environnement qu'à celle du génotype.

Selon **Triboi** (1990), le poids de mille grains est un paramètre peu maîtrisable car il est fortement lié aux effets de l'environnement au moment de la formation et du remplissage des grains, un manque d'eau après floraison, combiné aux fortes températures entraîne une diminution du poids de mille grains provoquant ainsi l'échaudage des grains.

I.2. Teneur en eau des grains

L'humidité des grains est un paramètre essentiel dans la détermination du volume d'eau à ajouter aux grains durant le conditionnement pour atteindre une humidité de 16.5% et elle permet une meilleure séparation de l'albumen amylopectine des parties périphériques. La teneur en eau modifie de façon sensible le comportement du blé lors de la mouture (Willm, 1972).

Pour permettre une correcte conservation, les grains sont naturellement peu hydratés. Leur teneur en eau varie avec l'humidité de l'air. L'équilibre se situe entre 13 et 16% selon la température et l'humidité ambiantes. Les valeurs courantes sont aux environs de 14% d'eau (Godon, 1991).

Les résultats se rapportant au test humidité des grains sont enregistrés dans le tableau 09 et illustrés par la figure 07.

Tableau 09 : Résultats de la teneur en eau des grains (%)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	11.7 B	11.4 B
Ain abid	11.5 A	11.25 AB
Acsad 899	11.45 A	10.95 A
Acsad 885	11.5 AB	11.15 AB
Acsad 969	11.5 A	11.1 AB
Acsad 901	11.5 A	11.0 A
Acsad 981	11.4 A	11.05 A
Moyenne	11.5	11.12
CV%	0.549	0.84
E.T	0.063	0.094
Signification	S	S

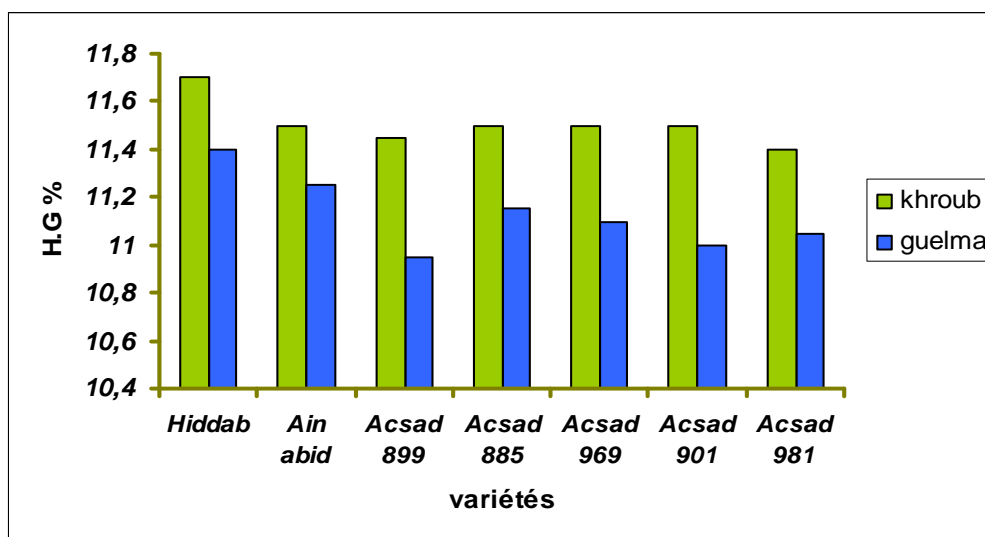


Figure 07: Effet de l'environnement sur la teneur en eau des grains

L'analyse statistique de la variance indique que l'effet variété sur ce paramètre est significatif au niveau de la station de Khroub et de Guelma.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de trois groupes homogènes, au niveau des deux stations étudiées

Nous constatons d'après le tableau (09) que les teneurs en eau des grains sont en moyenne de 11% dans les deux stations et la variété renfermant la plus basse humidité est Acsad 981 (11.4%) à la station de Khroub et Acsad 899 (10.95%) à la station de Guelma et la plus haute valeur a été enregistrée chez le témoin Hiddab dans les deux stations étudiées Khroub et Guelma, respectivement (11.7%, 11.4%)

Cette homogénéité dans les teneurs en eau retrouvée chez l'ensemble des variétés dans les deux stations est due aux conditions climatiques dans lesquelles la récolte c'est produite, les faibles précipitations enregistrées dans la zone Est durant la périodes précédant la récolte à permet d'obtenir des grains relativement sec.

I.3. Le taux d'extraction

La notion de valeur meunière est associée au taux d'extraction, c'est-à-dire au rendement maximum en farine obtenu à partir d'un lot de blé

Le taux d'extraction représente le pourcentage de farine extraite de la mouture d'une quantité de blé propre, il dépend des caractéristiques du blé mis en œuvre et du réglage du moulin (Roussel, 1984)

Les résultats se rapportant au taux d'extraction des farines sont enregistré dans le tableau 10 et illustrés par la figure 08

Tableau 10 : Résultats du taux d'extraction (%)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	58.4 A	60 BC
Ain abid	51.4 A	58.8 BC
Acsad 899	62.8 A	65.8 A
Acsad 885	50.2 A	50.2 D
Acsad 969	62 A	59.2 B
Acsad 901	55.7 A	56.2 C
Acsad 981	58.3 A	61.7 D
Moyenne	56.16	57.56
CV%	7.10	0.51
E.T	3.99	2.65
Signification	S	THS

A, B, C, D, BC : Classement des groupes homogènes

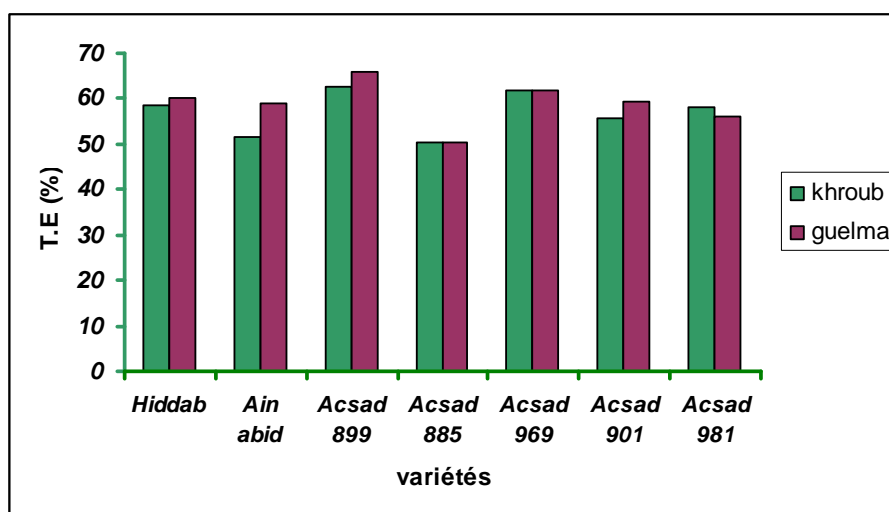


Figure 08 : Effet de l'environnement sur le taux d'extraction

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet très hautement significatif de la variété sur le taux d'extraction au niveau de la station de Khroub et un effet significatif au niveau de la station de Guelma.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de plusieurs groupes homogènes à la station de Khroub. Par contre à la station de Guelma toutes les variétés sont classées dans le même groupe.

La variété Acsad 899 est la variété qui présente un taux d'extraction le plus élevé dans les deux sites étudiés (> 60%), par contre Acsad 885 est la variété qui a donné le taux d'extraction le plus faible (50.2 %), ces résultats sont relatifs à leurs poids de mille grains.

Selon **Berland** et al. (2005) les variétés de blé se distinguent les unes des autres par des comportements en mouture différents et le rendement en farine peut être optimisé par une préparation optimisée des blés (humidification et temps de repos) qui peuvent être déterminés après classement des variétés de blé tendre selon leurs indices de dureté (hard, médium hard et soft) qui est devenue une nécessité.

I.4. Le taux de cendre des farines

Depuis 1963, c'est le taux de cendre ou matière minérales qui détermine le classement des farines par "type"

La mesure de la teneur en cendre est le critère principal utilisé pour apprécier la pureté des farines

Les résultats se rapportant au taux de cendre des farines sont enregistrés dans le tableau 11 et illustrés par la figure 09.

Tableau 11 : Résultats du taux de cendre des farines (%)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	0.55 D	0.52 BC
Ain abid	0.54 D	0.58 D
Acsad 899	0.40 AB	0.51 BCD
Acsad 885	0.55 D	0.55 CD
Acsad 969	0.35 A	0.44 AB
Acsad 901	0.49 C	0.45 A
Acsad 981	0.40 AB	0.47 A
Moyenne	0.47	0.51
CV%	3.82	0.01
E.T	0.01	3.84
Signification	THS	HS

A, C, D, AB, BC, BCD, CD : Classement des groupes homogènes

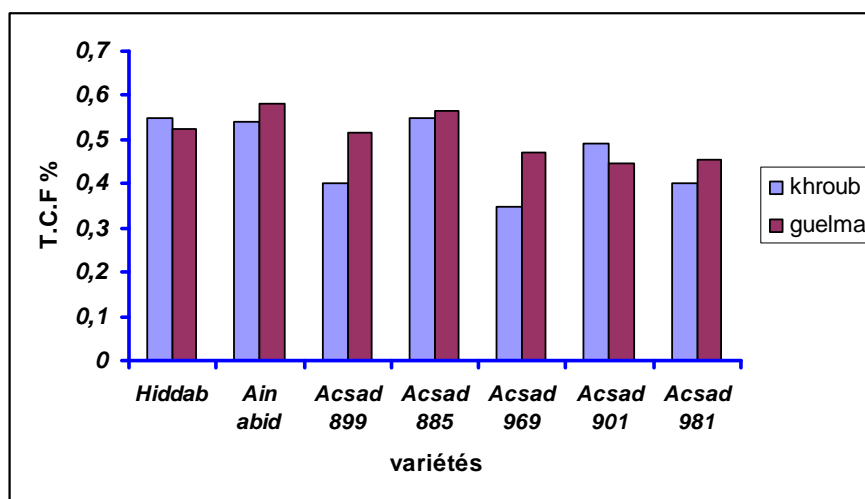


Figure 09 : Effet de l'environnement sur le taux de cendre des farines

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet très hautement significatif de la variété sur le taux de cendre au niveau de la station de Khroub et un effet hautement significatif au niveau de la station de Guelma.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de plusieurs groupes homogènes à la station de Khroub et à la station de Guelma. Au niveau de la station de Khroub, seule la variété Acsad 969 est classée dans le groupe (A), par contre à la station de Guelma, nous retrouvons la variété Acsad 901 et Acsad 981.

Selon **Godon** (1978), la détermination des cendres offre la possibilité de connaître la teneur en matière minérale globale du blé et de ses dérivés. Les résultats des analyses, révèlent que nos échantillons sont moyennement minéralisés (0.47 et 0.51% en moyenne pour la station de Khroub et Guelma).

Ces résultats sont inférieurs à ceux rapportés par **Godon** et **Loisel** (1997), qui préconisent des teneurs en cendre allant de 0.75 à 0.80%. Et ceux de la norme algérienne qui fixe un intervalle de 0.60 à 0.75% pour les farines panifiables.

Pour **Abecassis** (1993), la teneur en cendre dépend du taux de contamination d'albumen amylicé par les parties périphériques du grain (enveloppes, couche à aleurone) et par le germe lors de la mouture.

I.5. Indice de sédimentation Zeleny

Les résultats se rapportant à l'indice de sédimentation de Zeleny sont enregistrés dans le tableau 12 et illustrés par la figure 10.

Tableau 12 : Résultats de l'indice de sédimentation du tests de Zeleny (ml)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	18.5 AB	17 C
Ain abid	19.5 AB	17.5 C
Acsad 899	13.5 B	19.5 B
Acsad 885	17.5 AB	16.5 C
Acsad 969	22 AB	21.5 A
Acsad 901	19.5 AB	21 A
Acsad 981	23.5 A	16 C
Moyenne	19.14	18.43
CV%	12.9	0.53
E.T	2.47	2.89
Signification	S	THS

A, B, C, AB: Classement des groupes homogènes

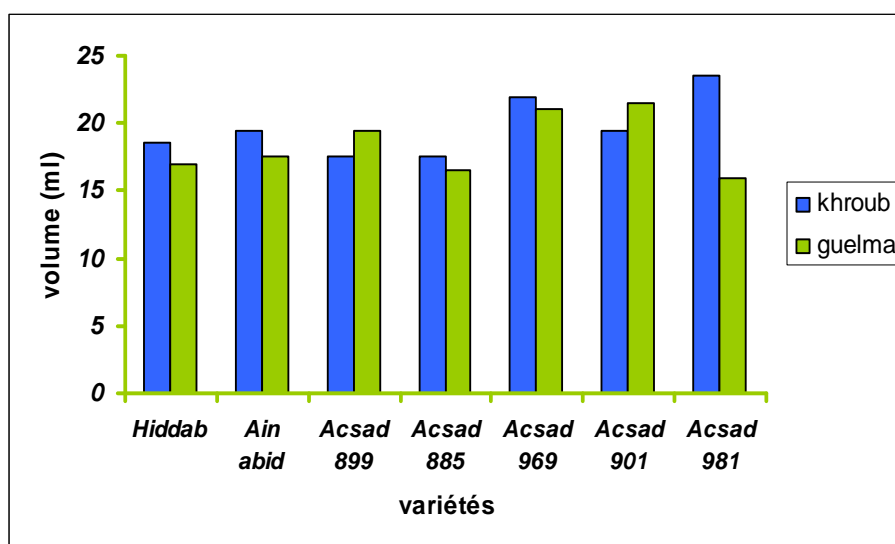


Figure 10 : Effet de l'environnement sur l'indice de sédimentation Zeleny

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet significatif de la variété sur l'indice de sédimentation au niveau de la station de Khroub et un effet très hautement significatif au niveau de la station de Guelma.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de plusieurs groupes homogènes à la station de Khroub et à la station de Guelma. La variété Acsad 981 est classée dans le groupe A au niveau de la station de Khroub alors que au niveau de la station de Guelma on retrouve les variétés Acsad 969 et 901.

Le test Zeleny est utilisé pour apprécier la qualité des blés aussi bien en sélection que dans les transactions commerciales, son utilisation est peu répandue pour le blé dur.

Les résultats obtenus, montrent des valeurs qui varient entre 13.5ml pour la variété Acsad 899 et 23.5 ml pour la variété Acsad 981 de la station de Khroub et entre 16ml pour la variété Acsad 981 et 21.5 ml pour la variété Acsad 969 au niveau de la station de Guelma,

L'indice de Zeleny est en effet un indicateur de la qualité des protéines liées aux différentes fractions protéiques qui dépendent essentiellement de la variété. Les conditions du milieu peuvent également affecter ces différentes fractions et en particulier les gliadines (**Dardenne** et al, 2003), ce qui explique cette fluctuation d'une station à l'autre.

Selon la norme algérienne **1184- 1994 E, ISO 5529** nous pouvons classer les variétés comme suit:

Tableau 13 : Classement des blés selon leurs force boulangère

Station	Blés de force boulangère insuffisante (Volume <18ml)	Blés de bonne force boulangère (Volume de 18 à 28ml)
Khroub	Acsad 899 Acsad 885	Hiddab Ain abid Acsad 969 Acsad 901 Acsad 981
Guelma	Hiddab Ain abid Acsad 885 Acsad 981	Acsad 899 Acsad 901 Acsad 981

I.6. Teneur en protéine totale des farines

Les résultats se rapportant au test biochimique, teneur en protéines totale des farines des variétés étudiées sont enregistrés dans le tableau 14 et illustrés par la figure 11

Tableau 14 : Résultats de la teneur en protéines des farines (%)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	9.57 B	8.40 C
Ain abid	9.46 C	8.77 B
Acsad 899	9.95 B	8.50 B
Acsad 885	12.3 A	9.64 A
Acsad 969	10.29 B	9.55 B
Acsad 901	10.38 AB	9.73 A
Acsad 981	12.95 A	10.54 A
Moyenne	10.70	9.30
CV%	9.34	1.51
E.T	0.20	0.14
Signification	THS	THS

A, B, C, AB : Classement des groupes homogènes

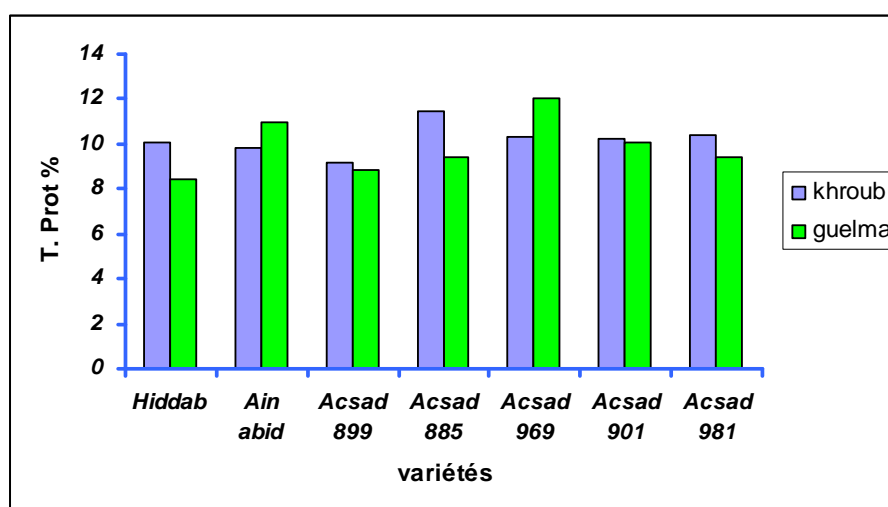


Figure 11 : Effet de l'environnement sur la teneur en protéine des farines

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet très hautement significatif de la variété sur la teneur en protéine au niveau des deux zones étudiées.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de plusieurs groupes homogènes à la station de Khroub et à la station de Guelma. Les variétés Acsad 885 et Asad 981 sont classées dans le groupe A au niveau des deux stations étudiées.

La connaissance de la teneur en protéine associée à celle de la variété du blé, donne une bonne information sur la capacité technologique de la farine (**Chene**, 2001). Nous relevons des teneurs en protéines relativement bonnes. Ces teneurs vont de 9.56% chez le témoin Ain abid à 12.95% chez Acsad 981 au niveau de la station de Khroub et entre 8.40 % pour le témoin Hiddab et 10.54 % chez la variété Acsad 981 au niveau de la station de Guelma la valeur la plus élevée est observée pour la variété Acsad 981 dans les deux sites étudiés avec un écart de 2.5%.

Nos résultats se rapprochent de l'intervalle (9 à 15%) rapporté par **Eliasson** (1998). Cependant **Dacosta** (1986), montre que la teneur en protéines n'est pas un critère fidèle de la qualité boulangère. Cette dernière est régie par la qualité, du gluten (taux de gluténines et le rapport gluténines /gliadines) et par les conditions de culture, des procédés cultural et spécialement par la fertilisation azotée ce qui explique la variation dans les résultats trouvés pour les mêmes variétés d'une zone à l'autres.

De même **Cheftel** et al, ont trouvés que la teneur en protéines est un caractère génétiquement transmissible, mais les variations liées à l'hérédité sont de l'ordre de 5% seulement.

Selon **Berland** et al. (2005), des quantités trop faibles de protéines ne permettent pas d'obtenir de bon résultats dans la fabrication du pain, pour les farine type 55, il faut au moins 9 à 10% de protéines, ce qui correspond à environ 10 -11% pour les blés. En effet des doses trop élevées engendrent généralement des défauts pour la fabrication du pain (machinabilité difficile, expansion moindre de la pâte, section ronde des pains, diminution du croustillant...).

D'après **Colas** (1997), la panification est impossible lorsque la teneur en protéines des farines est inférieure à 7%.

De ce fait la teneur en protéines ne peut donner que des indications sur la qualité du blé, elle ne peut pas permettre de distinguer les blés panifiables des blés impanifiables.

I.7. Le taux de gluten

Le dosage du gluten est très ancien, et constitue un moyen simple d'appréciation de la quantité et surtout de la qualité des protéines

Une très grande partie des propriétés technologiques de la pâte peut être associée au gluten formé principalement des gliadines et gluténines. Plusieurs auteurs ont souligné que la composition du gluten est un facteur déterminant la force d'une farine. La quantité et la qualité de ce dernier sont responsables des propriétés viscoélastiques de la pâte (extensibilité et élasticité).

1.7.1. Gluten humide

Les résultats se rapportant au test technologique gluten humide sont enregistrés dans le tableau 15 et illustrés par la figure 12 :

Tableau 15 : Résultats du taux de gluten humide %

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	26.5	22.85
Ain abid	29.0	29.28
Acsad 899	25.89	24.81
Acsad 885	28.67	26.49
Acsad 969	27.43	29.3
Acsad 901	27.47	24.2
Acsad 981	27.19	27.68
Moyenne	27.45	26.45
CV%	6.01	2.02
E.T	1.65	7.65
Signification	NS	NS

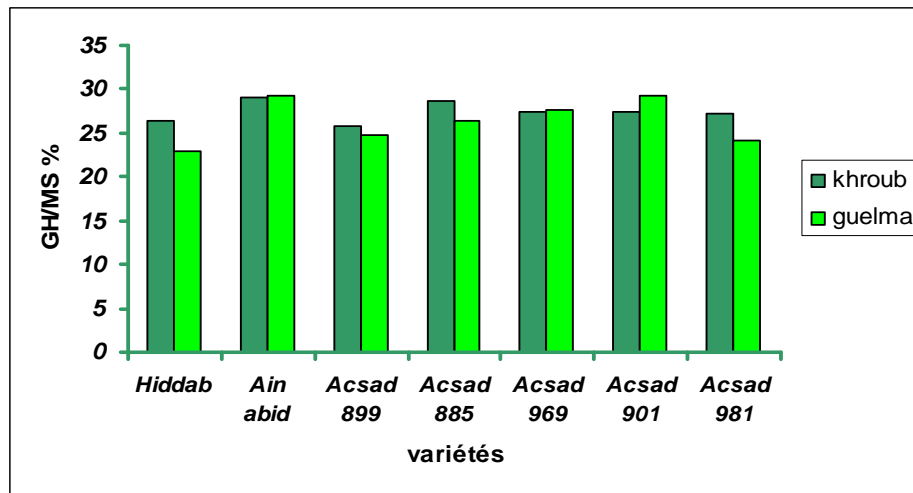


Figure 12 : Effet de l'environnement sur le taux de gluten humide

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet non significatif de la variété sur le taux de gluten humide au niveau des deux zones étudiés.

Les résultats du tableau montrent que les teneurs en gluten humide varient de 25.89 pour la variété Acsad 899 à 29.0 % pour le témoin Ain abid avec une moyenne de 27.45% pour la station de Khroub et entre 22.5% pour le témoin Hiddab et 29.3 % pour la variété Acsad 969 avec une moyenne de 26.45% au niveau de la station de Guelma.

D'après **Gresel** (1999), les farines qui présentent un gluten humide supérieur à 26%, seront orientées vers la panification spéciale. **Ugrinovits** et al. (2004) ont décrit la force des farines selon leurs glutens humide. Les farines usuelles ont des teneurs de l'ordre de 27 à 37%. Les farines provenant de blé très fort peuvent présenter des teneurs allant jusqu'à 45%, alors que des pourcentages inférieurs à 25% signalent une farine faible d'après se classement on trouve que l'ensemble des variété cultivé dans la station Khroub sont bonnes alors que au niveau de la station de Guelma les variété Acsad 899, Acsad 901 et le témoin Hiddab sont classées comme des blés faibles.

1.7.2. Gluten sec

Les résultats se rapportant au test technologique, gluten sec sont enregistrés dans le tableau 16 et illustrés par la figure 13

Tableau 16 : Résultats du taux de gluten sec (%)

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	10.04 B	8.4
Ain abid	9.81 B	10.99
Acsad 899	9.14 C	8.81
Acsad 885	11.44 A	9.38
Acsad 969	10.31 B	10.03
Acsad 901	10.20 B	9.42
Acsad 981	10.4 B	12.07
Moyenne	10.19	9.89
CV%	2.37	1.00
E.T	0.24	10.12
Signification	THS	NS

A, B, C: Classement des groupes homogènes

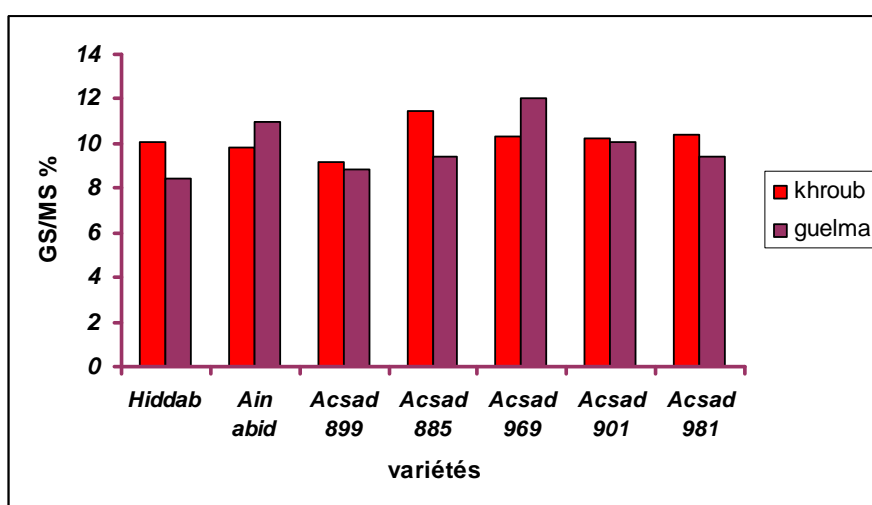


Figure 13 : Effet de l'environnement sur le taux de gluten sec

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet très hautement significatif de la variété sur la teneur en gluten sec au niveau de la station de Khroub et un effet non significatif au niveau de la station de Guelma.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de trois groupes homogènes à la station de Khroub et nous retrouvons la variété Acsad 885 classée dans le groupe (A) avec un taux de gluten sec de 11.44%

L'ensemble des variétés étudiés présentent des teneurs en gluten sec acceptable est répondeur aux normes recommandées en boulangerie, à l'exception de la variété Acsad 885 à la station de Khroub et la variété Acsad 981 à la FDPS de Guelma qui peuvent être considérés comme des blés supérieurs (le taux de gluten sec est supérieur à 10%)

1.7.3. Le gluten index

Les résultats se rapportant à la capacité d'hydratation sont enregistrés dans le tableau 17 et illustrés par la figure 14 :

Tableau 17 : Résultats du gluten index

Variétés	Khroub	Guelma
Hiddab	96.5	99.97 A
Ain abid	94.75	99.07 A
Acsad 899	93.41	98.27 A
Acsad 885	96.74	97.98 A
Acsad 969	97.35	93.9 B
Acsad 901	97.68	96.8 A
Acsad 981	96.7	95.25 A
Moyenne	94.01	91.76
CV%	8.08	3.57
E.T	7.16	3.89
Signification	NS	THS

A, B : Classement des groupes homogènes

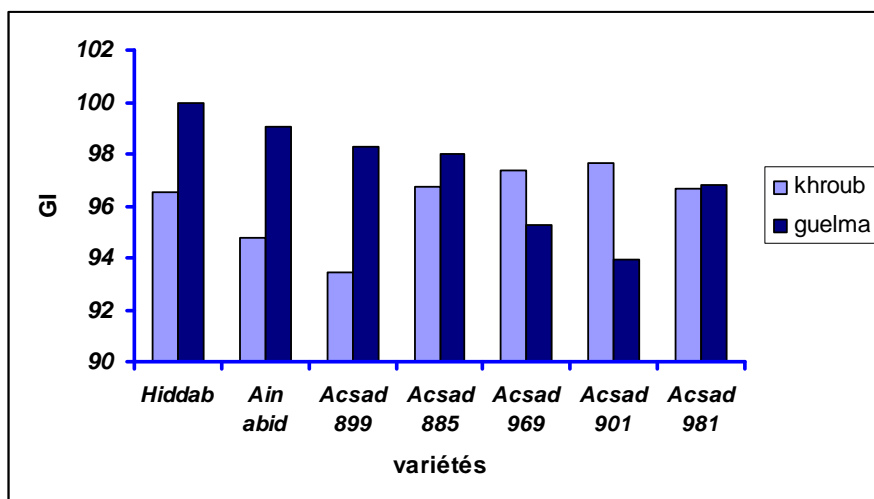


Figure14 : Effet de l'environnement sur le gluten index

L'analyse statistique de la variance indique qu'il y'a un effet très hautement significatif de la variété sur la teneur en gluten index au niveau de la station de Guelma et un effet non significatif au niveau de la station de Khroub.

Le test de Student Newman et Keuls, montre la présence de deux groupes homogènes à la station de Guelma, l'ensemble des variétés sont classées dans le groupe (A) à l'exception de la variété Acsad 969 qui est classée dans le groupe (B), les valeurs enregistrés au niveau de la station de Khroub varient entre 93.41 chez la variété Acsad 899 et 97.68 chez la variété Acsad 901, et entre 96.8 chez la variété Acsad 901 et 99.97 chez le témoin Hiddab au niveau de la station de guelma.

Pena et al (2005), la valeur de gluten index détermine la force des blés, celle-ci est liée à la qualité des gluténines et gliadines. Pour **Balla et al (1999)**, les faibles valeurs de gluten index s'explique par le fait que l'ensemble des protéines ne forment pas une masse viscoélastique lors de l'extraction au Glutomatic

La figure nous permet de voir que les valeurs du gluten index sont stable d'une variété à l'autre et d'un environnement à l'autre, c'est dernières sont tous supérieurs à 90, **Bar (2005)**, explique que les valeurs proches de 100 donnent un gluten élastique.

1.8. Alvéographe Chopin

Les alvéogrammes des variétés étudiées sont réalisés par l'**Alvéolink** qui est un Complément indispensable de l'Alvéographe, il permet :

- Des gains de temps (calcul instantané des résultats),
- Une meilleure traçabilité des résultats (mémorisation de 200 analyses transférables sur PC),
- Des résultats plus justes grâce à la fonction "Autocalibration",
- Correction des réglages usine du P et du L, lors d'essais sur des farines de référence

Tableau 18 : Résultats des paramètres alvéographiques

Stations	Variétés	W (ergs)	G (mm)	P (mm)	L (mm)	Ie	P/L
Khroub	Hiddab	251	18.0	110	65	50.4	1.69
	Ain abid	188	13.6	124	37	0.0	3.33
	Acsad 899	166	19.0	65	73	52.7	0.90
	Acsad 885	186	13.7	117	38	0.0	3.10
	Acsad 969	196	15.8	96	51	55.0	1.90
	Acsad 901	187	15.7	95	50	52.7	1.90
	Acsad 981	160	19	58	73	59.0	0.80
Guelma	Hiddab	259	20.1	90	81	56.9	1.11
	Ain abid	291	16.8	133	57	54.6	2.34
	Acsad 899	181	21.5	60	93	53.9	0.64
	Acsad 885	226	18.7	92	70	52.3	1.30
	Acsad 969	235	19.3	83	79	54.4	1.10
	Acsad 901	258	21.4	81	75	60.0	0.88
	Acsad 981	243	19.8	89	92	57.5	1.13

L'analyse général des résultats regroupés dans le tableau (18) nous permet de dire que la quasi-totalité des variétés étudiées au niveau de la station de Khroub se caractérisent par des gonflement G faibles (inférieur à 20) des ténacités élevés et des rapports de configuration P/L déséquilibré et élevé d'où la plupart de ces variétés sont impanifiable en l'état.

Par contre au niveau de la station de Guelma deux variétés sur les sept variétés analysées présentent un gonflement supérieur à 20 et un P/L plus ou moins équilibré mais la ténacité enregistrée chez l'ensemble des variétés est hétérogène car elle varie de 60 jusqu'à 133.

D'après la norme **ISO 5530/4** nous pouvons classer nos blés en trois groupes :

- **Blés panifiable** : nous retrouvons la variété Acsad 899 de la station de Guelma qui présente un W de 181 ergs et un P/L équilibré (0.64).
- **Blé panifiable courant** : nous retrouvons les variétés suivantes :
 - Station de Khroub : Ain abid, Acsad 899, Acsad 885, Acsad 969, Acsad 901 et Acsad 981 avec un W qui varie entre 166 et 188 ergs et un P/L non équilibré.
 - Station de Guelma : Acsad 885, Acsad 969 et Acsad 981 avec un W qui varie entre 226 et 258 ergs et un P/L non équilibré (supérieur à 1)
- **Blé de force** : qui sont caractérisés par des $W > 250$ ergs et un P/L non équilibré, nous retrouvons les variétés suivantes :
 - Station de Khroub : Hiddab
 - Station de Guelma : Hiddab, Ain abid et Acsad 901

Nous ressortissons à partir des alvéogrammes obtenus chez les variétés cultivées à la station de Guelma, des indices d'élasticité qui varient de 0 à 59, les indices idéales à la panification (50 -55) préconisées par **Dardane** et al (2003), sont observés chez les variétés Ain abid, Acsad 899, Acsad 885 et Acsad 969.

Par contre au niveau de la station de Khroub nous avons retrouvés des indices d'élasticité très faible (0.0) chez les variétés Ain abid et Acsad 885, les variétés présentant un bon indice d'élasticité préconisé en panification sont les variétés Hiddab, Acsad 899, Acsad 969 et Acsad 901.

Nous remarquons aussi que les résultats de « L » et « G » vont dans le même sens. D'après **Godon** (1996), cette progression linéaire entre « L » et « G » est la conséquence d'un effet variétal. Alors que **Branland** et al (1986) considèrent que la convergence de ces deux paramètres est le résultat de la teneur en protéines, notamment de la composition en gliadines.

L'augmentation de « L » et « G » est associée à une teneur élevée en protéines notamment de la fraction gliadine par rapport à celle des gluténines, à une texture plus tendre de l'albumen et une teneur faible en pentosanes (Abecassis et al, 1993).

II. Test direct : Essai de panification

D'après les grilles des notations utilisées pour l'appréciation de la qualité des farines des variétés étudiées, les notes attribuées aux aspects extérieurs et intérieurs des pains sont représentés dans le tableau 19 et l'aspect final des pains est illustrés par les figures 15 et 16:

Tableau 19: Résultats du test de panification

Stations	Variétés	Notes de la pâte / 100	Note du pain / 100	Note de la mie /100	volume du pain /30	Valeur boulangère/300
Khroub	Hiddab	88.5	74.7	94	17.70	257.2
	Ain abid	33.25	54.34	73	18.72	160.59
	Acsad 899	84.0	54.83	97	16.58	235.83
	Acsad 885	76.1	76.56	97	18.56	249.66
	Acsad 969	94.0	88.3	100	18.3	282.3
	Acsad 901	79.5	48.68	88	21.18	216.18
	Acsad 981	69	80.19	100	20.69	249.19
Guelma	Hiddab	87.37	81.73	91	17.73	260.1
	Ain abid	68.5	55.32	79	15.20	202.82
	Acsad 899	57.27	62.99	94	17.29	214.2
	Acsad 885	62.87	58.54	85	17.04	206.41
	Acsad 969	58.75	57.11	97	16.51	213.86
	Acsad 901	78.87	91.47	91	21.47	261.34
	Acsad 981	44.31	78.01	91	15.51	213.32



Figure 1 : la variété Hiddab



Figure 2 : la variété Ain Abid



Figure 3 : la variété ACSAD 899



Figure 4 : la variété ACSAD 885



Figure 5 : la variété ACSAD 969



Figure 6 : la variété ACSAD 901



Figure 7 : la variété ACSAD 981

Figure 15 : Photos représentant l'aspect extérieur et intérieur des pains des variétés cultivées à la station de Khroub



Figure 1 : la variété Hiddab



Figure 2: la variété Ain Abid



Figure3 : la variété ACSAD 899



Figure 4 : la variété ACSAD 885



Figure 5 : la variété ACSAD 969



Figure 6 : la variété ACSAD 901



Figure 7 : la variété ACSAD 981

Figure 16 : Photos représentant l'aspect extérieur et intérieur des pains des variétés cultivées à la station de Guelma

La farine de la variété Acsad 969 cultivée au niveau de la station de Khroub donne un pain aux caractéristiques optimales (du point de vue : pâte, pain et mie) pour un produit de type « pain français », par contre à la station de Guelma c'est la variété Acsad 901 qui présente les meilleurs caractéristiques et présente un volume de pain le plus élevé dans les deux sites étudiés Khroub et Guelma qui est respectivement de (21.18cm³, 21.47cm³)

Le volume est fortement influencé par la quantité de gaz retenu par la pâte qui est lui-même associé par le mode de pétrissage. Plus la capacité de rétention dans la pâte est élevée, plus important le volume des pains (**Balla** et al, 1999). En effet, chaque alvéole d'air est caractérisée par une taille critique au-delà de la quelle la rétention du CO₂ est aléatoire . (**Delcour** et al, 1991).

Le volume de pain enregistré à la station de khroub est en moyenne de 18.87cm³, il est légèrement supérieur au volume moyen enregistré à la station de Guelma (17.25cm³).

Les protéines ne sont pas préjudiciables pour déterminer le volume de produit fini, c'est le cas de la variété Acsad 899 qui présente une teneur en protéines plus élevée (9.95%) mais donne un pain avec un volume faible (16.58cm³) à la station de khroub par contre à la station de Guelma la teneur en protéine enregistré est plus faible (8.81%) mais donne un volume de pains plus élevé (17.29cm³). (Voir figure17)



Figure 17: Présentation du volume du pain de la variété Acsad 899 dans les deux sites étudiés

L'aspect extérieur, la couleur de la croûte et de la mie sont fortement liés à la quantité et la qualité des protéines. **Boyacioglu** et **d'Appolonia** (1994) Le pain fabriqué à partir de la variété Acsad 885 de la station de Khroub présente une coloration très foncée par rapport a la même variété cultivée à la station de Guelma, cela est en accord avec leurs taux en protéines qui est respectivement de 12% et 9% (voir figure 18).

Les mêmes auteurs soulignent que la coloration de la croûte est influencée par l'élévation de taux d'amidon endommagé et le taux des sucres totaux présents dans la farine.

En générale les pains fabriqués dans cette étude ont des caractéristiques de pain anglo-saxon, alvéoles fines moins volumineuses et denses (voir figure 15 et 16), alors que les autres types de pain présentent des alvéoles mal dispersés et non homogènes, cela peut être expliqué par la mauvaise répartition des α -amylases. Une activité α -amylasique excessive entraîne une surproduction de dextrans conduisant à des mies collantes avec des alvéoles très grandes (**Pomeranz**, 1978).



Figure 18: Effet de la quantité des protéines sur l'aspect extérieur des pains

Nous pouvons classer nos farines par rapport à leurs valeurs boulangères représentées dans le tableau 19 selon l'échelle suivante :

Tableau 20: Echelle de classement des farines selon la norme NF V-03 janvier 2001

Note total	Appréciation pour la fabrication du pain
300 à 212	Convient bien
211 à 180	Convient après correction
En dessous de 180	Ne convient pas

➤ **Les variétés qui conviennent bien pour la fabrication du pain :**

Station de Khroub: Hiddab, Acsad 899, Acsad 885, Acsad 969, Acsad 901 et Acsad 981

Station de Guelma : Hiddab, Acsad 899, Acsad 901, Acsad 969 et Acsad 981

➤ **Les variétés qui conviennent après correction pour la fabrication du pain:**

Station de Khroub: Aucune

Station de Guelma: Ain abid et Acsad 885

➤ **Les variétés qui ne conviennent pas à la fabrication du pain :**

Station de Khroub: Ain Abi

Station de Guelma: Aucune

Conclusion

Conclusion

L'objectif de ce travail est de sélectionner les variétés de blé tendre les plus performants, et cibler les potentiels génétiques qui expriment au mieux leurs qualités technologiques en s'adaptant à des milieux différents.

L'étude technologique réalisée nous a permis de tirer les conclusions suivantes:

- L'analyse des résultats des **tests indirects** a permis de tirer les conclusions suivantes:

Concernant les tests physiques, l'effet variété est significatif sur le poids de mille grains, la teneur en eau et le rendement en farine au niveau des deux sites étudiés

Les poids de mille grains obtenus sont moyens chez l'ensemble des variétés cultivées avec une humidité des grains homogène (11% en moyenne dans les deux sites), les rendements en farines enregistrés sont également moyens, ceci est relatif aux poids de mille grains obtenus.

Concernant les tests chimiques et biochimiques, l'effet variété est significatif sur les taux de cendres des farines, l'indice de sédimentation Zeleny et sur le taux des protéines totales des farines.

Les résultats obtenus pour les taux de cendres indiquent que nos échantillons sont moyennement minéralisés dans les deux sites étudiés, la plus haute valeur est enregistrée chez le témoin Ain abid de la station de Guelma et la plus petite valeur est trouvée chez la variété Acsad 969 à la station de Khroub.

Le test de Zeleny nous a permis de classer nos variétés en deux groupes : à la station de Khroub 2 variétés sur les 7 variétés analysés présentent une force boulangère insuffisante et 5 variétés sur 7 sont de bonne force boulangère, alors qu'à la station de Guelma 4 variétés sur 7 sont de force boulangère insuffisante et 3 variétés sur 7 seulement sont de bonne force boulangère.

Pour les teneurs en protéines des farines, l'ensemble des variétés cultivées à la station de Khroub sont bonnes, elles varient de 9.56% à 12.95% alors qu'à la station de Guelma les valeurs trouvées sont moyennes, elles oscillent entre 8.40% et 10.54%.

Concernant les tests technologiques, l'effet variété est non significatif pour le gluten humide dans les deux sites, alors qu'il est significatif seulement à la station de Khroub pour le gluten sec et à la station de Guelma pour le gluten index.

Les résultats du gluten humide indiquent que l'ensemble des farines issues des variétés cultivés à la station de Khroub sont issues de blé de bonne force alors qu'à la station de Guelma seulement 3 variétés sur 7 sont des blés faibles par contre les résultats du gluten sec indiquent que l'ensemble des variétés sont recommandées en boulangerie et présentent un gluten élastique (gluten index proche de 100).

Pour les caractéristiques alvéographiques, les résultats obtenus ont montré que la quasi totalité des variétés étudiées au niveau de la station de Khroub se caractérisent par des gonflement G faibles (inférieur à 20) des ténacité élevés et des rapports de configuration P/L déséquilibré et élevé d'où la plupart de ces variétés sont des blés panifiable courant, Par contre au niveau de la station de Guelma deux variétés sur sept présentent un gonflement supérieur à 20 et un P/L plus ou moins équilibré mais la ténacité enregistré chez l'ensemble des variété est hétérogène car elle varie de 60 jusqu'a 133.

➤ L'analyse des résultats du **test direct (Essai de panification)** :

Après observation des paramètres propres à la fabrication du pain type "pain français" et qui sont : Appréciation de la qualité des **pâtes**, appréciation de la qualité de **la mie**, détermination du **volume des pains** et appréciation de la qualité **des pains**, les notes finales de la valeur boulangère obtenues pour chaque variété analysée nous permettent de tirer les conclusions suivantes

Sur les sept (07) variétés étudiées à la station de Khroub, les variétés Hiddab, Acsad 899, Acsad 885, Acsad 969, Acsad 901 et Acsad 981 conviennent bien a la fabrication du pain en l'état sans ajout d'améliorant ou réalisation de coupage avec d'autres variétés.

Par contre à la station de Guelma cinq (05) variétés seulement (Hiddab, Acsad 899, Acsad 901, Acsad 969 et acsad 981) sur les sept variétés analysées conviennent a la fabrication du pain, les autres variétés (Ain abid et Acsad 885) nécessitent des corrections.

Il serait intéressant :

- Etudier la qualité technologique de ces variétés dans d'autres zones comme la zone Ouest et le Centre;
- De vérifier la qualité technologique de ces variétés par des techniques d'analyses plus pousser comme l'électrophorèse et l'HPLC;
- Il convient aussi de poursuivre ce travail par la réalisation de coupage ou l'incorporation de farine d'autres espèces comme le Seigle, Triticale et Orge ou de la même espèce pour améliorer la qualité des variétés qui présentent un faible potentiel.

References Bibliographies

References Bibliographies

1. **AACC 54-40 A., (1983):** American association of cereal chemists. Approved method of the AACC. Method 54-40 approved in (1961). AACC, St Paul, Minnesota (1983).
2. **Abecassis J., (1993),** "Nouvelles possibilités d'apprécier la valeur meunière et la valeur semoulière des blés", Industries des céréales, N.81, pp.25-37.
3. **AFNOR, (1982),** "Recueil des normes françaises des céréales et produits céréaliers", 1ère édition Paris, pp.139 – 147.
4. **Axford D. W. E., Mcdermott E. F., Redman D. G., (1979),** "Note on the sodium dodecyl sulphate test of bread making quality: comparaison with Pelshenke and Zeleny test", Cereal Chemistry, vol.56, pp.582_584.
5. **Balla A., Blecker C., Oumarou M., Paquot M., (1999)** "Mise au point de pains composites à base de mélanges de farines de sorgho-blé et analyse texturale", Biotechnol. Agron. Soc. Environ., N° (2), pp. 69–77
6. **Bar C., (2005),** "Accumulation et composition des protéines du blé tender : les protéines sont fortement contrôlées par le milieu", Perspectives Agricoles 267, pp. 14 - 20
7. **Bushuk W., (1984),** " Les protéines du blé , leur propriétés et leur rôle dans la valeur boulangère", céréales et oléagineuses: manutention commercialisation et transformation, 3ème édition, pp.551-568.
8. **Branlard G., Autran J. C., (1986),** " L'amélioration génétique de la qualité technologique du blé tendre", Culture Technique, vol.16, pp.132-144.
9. **Bonjean A et Picard E., (1991),** " les céréales à paille : origine, histoire, économie et sélection" Ligugé, Poitiers AUBIN imprémerie.
10. **Brady P. C., Craig F. M., Anderson J. A., (1999),** "Optimizing the SDS sedimentation test for end-use quality selection in soft white and club wheat breeding program", Cereal Chemistry, vol76, n.6, pp. 907-911.
11. **Berland S., Rousset P., (2005),** " Qualité technologique". Document de l'Ecole Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières (ENSMIC), France.
12. **Buquet A., (1974),** " Conditionnement et conservation en boulangerie, pâtisserie", compagnie française d'édition, Paris.
13. **Boyacioglu, MH, D'Appolonia BL., (1994),** "Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. 11. Study of flour blends and various additives". Cereal Chemistry; 71(1), pp.28-34.
14. **Calvel R., (1973),** "L'évolution de la qualité du pain français", Bull. Anc., Elèves, E.F.M., 254p, pp.59-71.
15. **Calvel R., (1980),** " La boulangerie moderne", 9ème Ed. Eyrolles, Paris, pp.11-64.

- 16. Cheftel J-C., Cuq J-L., Lorient D., (1985), "Protéines alimentaires", Tec et Doc Lavoisier, 309p.**
- 17. Colas V., 1997, " Recherche des bases moléculaires à l'origine de la spécialisation parasitaire et du pouvoir pathogène dans l'interaction entre *Phytophthora parasitica* et le tabac" Thèse soutenue a l' Université Paris VI.**
- 18. Chung O.K., Ohm J. B., Claeys M. S., Seabourn B. W., " Prediction of baking characteristics of hard winter wheat flours using computer- analyzed mixograph parameters" , Cereal Chemistry, vol.78, n.4, pp 493-497.**
- 19. Dacosta Y., (1986), " Le gluten de blé et ses applications. Association pour la promotion industrielle agriculture", Paris, 56p.**
- 20. DACOSTA (Université américaine du Nord) : Station expérimentale d'agriculture, Département de technologie des céréales, 1987.**
- 21. Dardenne P., Lenartz J., Massaux C., Sinnaeve G., Sindic M., Bodson B., Falisse A., Deroanne C., and Delcour J-A. . (2003). The relationship between Hagberg falling number, a -amylase activity of wheat grains and the wholemeal pasting properties determined by the Rapid Visco Analyser . Starch functionality with the RVA. European Seminar Practical and Theoretical Workshop – 25-26 mars (2003) – Amsterdam , The Netherlands.**
- 22. Delcour J.A., Defloor I., De G e e s t C., Schelkens M ., Martens A. (1991), "Emulsifiers and / or extruded starch for the production of breads from cassava" . Cereal Chem.68, pp. 323–327.**
- 23. Eliasson A. C., (1998), "A comparison of equilibrated lipids water system and the effect of added lecithin on dough rheology of flour milling-streams", J. Sci. Food. Agri., vol.77, n°.04, pp. 552 -558.**
- 24. Feillet P., (2000), " le grain de blé, composition et utilisation" INRA, Paris, 30p.**
- 25. Feillet P., (1977), " Description d'un nouvel appareil pour mesurer les propriétés viscoélastiques des produits céréaliers", Bull. ENSIMC, N°278, pp 97-101.**
- 26. Feillet P., (1984), " Les bases biochimiques de la qualité culinaire des pâtes alimentaires", Sciences des aliments 4, pp : 551-566.**
- 27. Feillet P., (1986), " L'industrie des pâtes alimentaires : technologie de fabrication qualité des produits finis et des matières premières", Ind Agro Ali, pp. 979-989.**
- 28. Feillet P.; Kobrehel K., (1974), " Determination of common wheat content in pasta products", Cereal chemistry.51, pp. 203**
- 29. Feillet P.; ABECASSIS J., (1976), "Valeurs d'utilisation de blés durs", Journées Internationales Céréaliculture - Gemboux.**

- 30. Feillet P.; Dexter., (1997),** "Quality requirements of durum wheat for semolina milling and pasta production", In J.E. Kruger et al. (ed.) Pasta and noodle quality. American association of cereal chemists, ST. Paul, MN, pp:95-131.
- 31. Gate PH., (1995),** " Ecophysiologie du blé " Ed. Tec et doc, Lavoisier, Paris, 429p.
- 32. Gate PH., (1987),** " Détermination des stades de développement des céréales à paille" Document
- 33. Godon B., (1996),** " Protéines végétales ", Sciences et techniques agroalimentaires, 2ème édition, Paris.
- 34. Godon B., (1991),** " Biotransformation des produits céréaliers", Ed. Tec et Doc, Lavoisier, APRIA, Paris, 221p.
- 35. Gresel J. P., (1999),** "Einfluss des Genotyps und der Stickstoffversorgung auf die Backqualität und die Zusammensetzung der Kleberproteine bei Winterweizen", Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 17 , pp. 371-371.
- 36. Kleijer G., (2002),** " Sélection des variétés de blé pour la qualité boulangère", Revue Suisse Agric., vol. 34, n.06, pp253-259.
- 37. Martinant J.P., Nicolas Y., Bougennec A., Popineau Y., Saulnier L., Branlard G.,** " Relationships between mixograph parameters and indice of wheat grain quality", Journal of Cereal Science, vol. 27, pp.179_189.
- 38. Menkovska M., Knezevic D., Ivanovski M., (2002),** " Protein allelic composition, dough reology and baking characteristics of flour mill stream from wheat cultivars with known and varied baking quality", Cereal Chemistry, vol.79, n.5, pp.720-725.
- 39. Mimouni B., Robin J. M., Azanza J. L., Raymond J., (1998)** " Heat flour proteins: isolation and functionality of gliadin and HMW- glutenin enriched fraction", J. Sci. Food. Agric., n. 78, pp. 423 - 428.
- 40. Melas V., Morel M. H., Feillet P., , (1993),** Les sous unités gluténines de blé de faible poids moléculaire : des proteïns d'avenir", Ind. Cereal, pp.3-13.
- 41. Norme AFNOR NF V03-716 de janvier 2001.** Farine de blé tendre – essai de panification de type pain français.
- 42. Norme ISO 5530-04 de septembre 1992.** Farines de blé tendre – caractéristiques des pâtes – caractéristiques rhéologiques au moyen de l'alvéographe.
- 43. Norme Algérienne NA 1185-1990,** Détermination du taux de protéïnes IDT ISO 1871).
- 44. Norme Algérienne NA 1184-1994 E,** Détermination de sédimentation Zeleny IDT ISO 5529.
- 45. Norme Algérienne NA.733. 1990. E,** Détermination du taux de cendre. IDT ISO 2171.

- 46. Norme Algérienne NA 1132-1990**, Détermination de la teneur en eau IDT ISO 712.
- 47. Norme Algérienne NA.730.1991. E**, Détermination du poids de mille grains. IDT ISO520.
- 48. Chene C., (2001)**, " La farine", 1ère Partie, Agro-Jonction, n°.26, pp.1-8.
- 49. Osborn T. B., (1907)**, "The protein of wheat kernel", Carnegie, Inst, Washington DC. Publ. 84.
- 50. Ouri F. X., Rousset M., Berard P., Pluchard P., Doussinault G., (1994)**, " Etude de la qualité des blés hybrides à travers différents tests technologiques". Annales de l'amélioration des plantes, vol.14 pp.377- 385.
- 51. Philippe R., Hubert C., Hevallois P., (2002)**, "Les pains français : évolution, qualité, production ", science et technologie des métiers de la bouche.I.T.C.F., 25p.
- 52. Pena E., Bernardo A., Soler C., Jouve N., (2005)**, "Relationship between common wheat (*Triticum estivum* L.) gluten protein and dough rheological properties", Euphytica, vol.143, pp.169-177.
- 53. Pomeranz P., (1978)**, "Advances in cereal science and technology", Américain Association of Cereal Chemists, Inc. Vol. 2, 463p.
- 54. Raymond Calvel, 2000**, " le goût du pain ", (2000), p11 et p12.
- 55. Roussel P., Loisel W., (1984)**, " Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales", Ed. Tec Doc., Lavoisier, APRIA, 479p.
- 56. Singh B.K. et Jenner C.F., (1982)**, "Association between concentration of organic nutrient in the grain, endosperm cell number and grain dry weight with the ear of wheat", Aus. J. Plant Phy., pp: 227-236.
- 57. Triboi E., (1990)**, "modèle d'élaboration du poids du grain chez le blé tendre (*Triticum aestivum* en tell", Agronomie, 10, pp191-200.
- 58. Ugrinovits, M.S., E. Arrigoni, A. Dossenbach, G. Haberli, H. Hanich, J. Schwerzenbach, L. Richemont, M. Rychener, H. Thormann, U. Stalder, (2004)**. "Céréales, Produits de L'industrie Meunière, Prémélanges pour four, Mélanges de Farines Instantanées", Manuel suisse des denrées alimentaires. Chapitre, 14, p.19.
- 59. Vierling E., (2003)**, " Aliments et Boisson: filière et produits", nouvelle édition Bordeaux: CRDP d'Aquitaine.
- 60. Williams P., Elharamain F. J., Nakkou H., Rihavi S., (1988)**, "Crop quality evaluation methods and guidelines", International centre for agricultural research in the dry areas (ICARDA), Aleppo.
- 61. Whan R. B., Calton G. P. et Anderson W. K., (1996)** " Potential for increasing rate of grain growth in spring wheat identification of genetic improvement", Aust. J. Agri. Res., pp. 17-31.

62. Willm C., (1972), " Mouture d'essai", Guide pratique d'analyses dans les industries des céréales, pp.554-573.

Annexe

**Annexe 1 : Tableau des Résultats de l'analyse statistique de la variance des variétés
cultivées au niveau de la station de Khroub**

Paramètres	SC	DDL	CM	F	P	ET	CV
PMG/MS	37.92	6	6.32	41.35	0.000041	0.387	1.18
H.g	0.104	6	0.017	4.9	0.028	0.063	0.549
TC	0.0811	6	0.0135	40.719	0.000043	0.018	3.82
TE	378.77	6	63.13	3.9664	0.0471	3.991	7.10
Zeleny	124.71	6	20.786	3.383	0.067	2.478	12.9
T.Proteine	4.468	6	0.744	85.1	0.000003	0.093	0.11
GS/MS	5.785	6	0.964	16.29	0.00085	0.242	2.37
GH/MS	14.58	6	2.43	0.889	0.5489	1.652	6.01
GI	578	6	96.3	1.877	0.2146	7.162	8.08

**Annexe 2 : Tableau des Résultats de l'analyse statistique de la variance des variétés
cultivées au niveau de la station de Guelma**

Paramètres	SC	DDL	CM	F	P	ET	CV
PMG/MS	8.16	6	1.36	13.9	0.001401	0.316	0.887
H.g	0.289	6	0.048	5.6	0.019	0.094	0.84
TC	0.03362	6	0.0056	14.547	0.001225	0.0196	3.843
TE	405.43	6	67.57	29.56	0.00012	1.513	2.658
Zeleny	59.429	6	9.905	34.67	0.000073	0.534	2.897
T.Proteine	3.964	6	0.661	33.79	0.00008	0.1414	1.605
GS/MS	19.198	6	3.200	3.193	0.077181	1.0002	10.12
GH/MS	72.123	6	12.021	2.932	0.0926	2.024	7.652
GI	294.4	6	491.4	38.443	0.000052	3.577	3.898

Annexe 03: Courbes alvéographiques des variétés cultivées au niveau de la station de Guelma

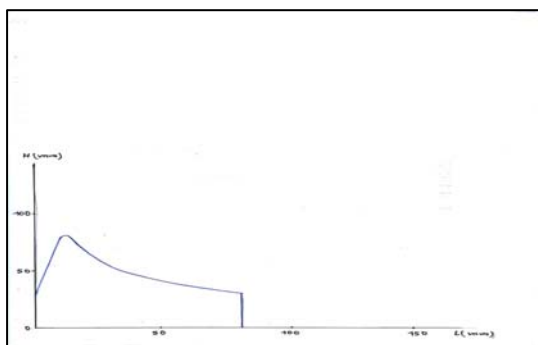


Figure 1: courbe moyenne de la variété Hiddab (Blé de force)

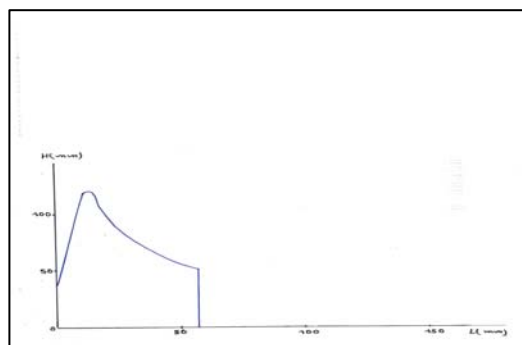


Figure 2: courbe moyenne de la variété Ain abid (Blé de force)

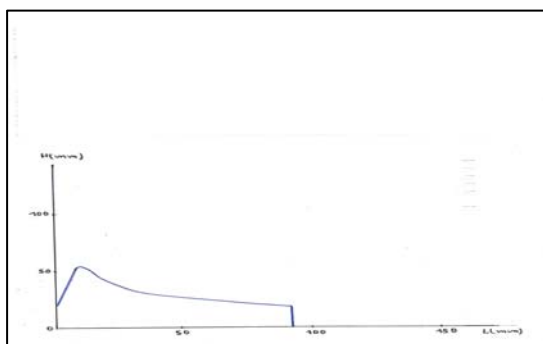


Figure 3 courbe moyenne de la variété Acsad 889 (Blé panifiable)

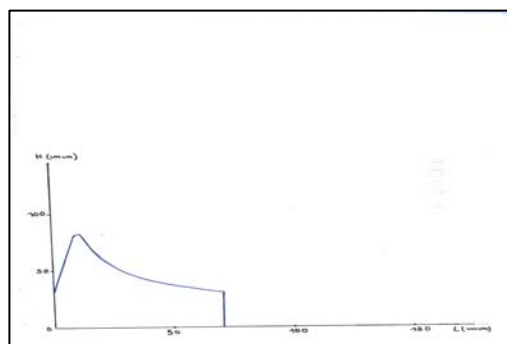


Figure 4: courbe moyenne de la variété Acsad 885 (Blé panifiable courant)

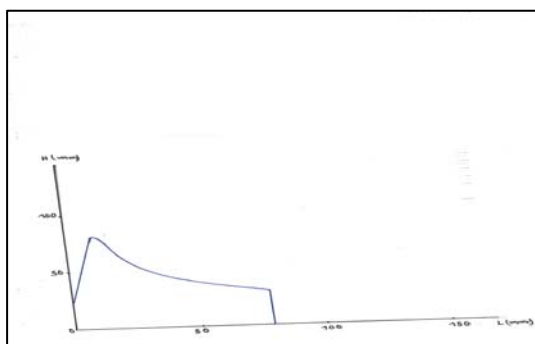


Figure 5: courbe moyenne de la variété Acsad 981 (Blé panifiable courant)

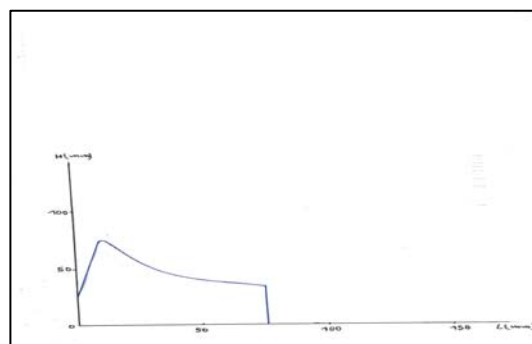


Figure 6: courbe moyenne de la variété Acsad 969 (Blé panifiable courant)

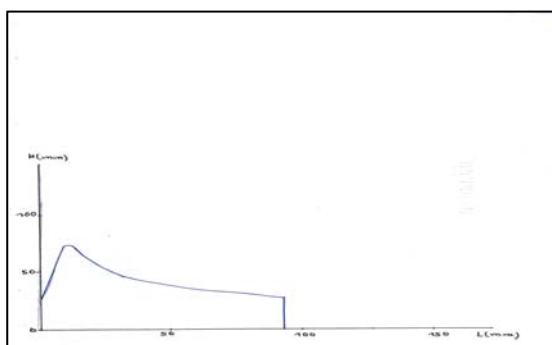


Figure 7: courbe moyenne de la variété Acsad 901 (Blé de force)

Annexe 04: Courbes alvéographiques des variétés cultivées au niveau de la station de Khroub

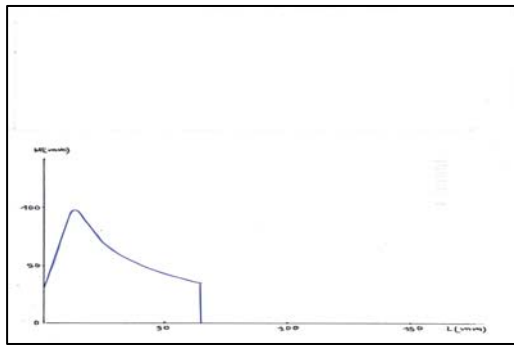


Figure 1: courbe moyenne de la variété Hiddab (Blé de force)

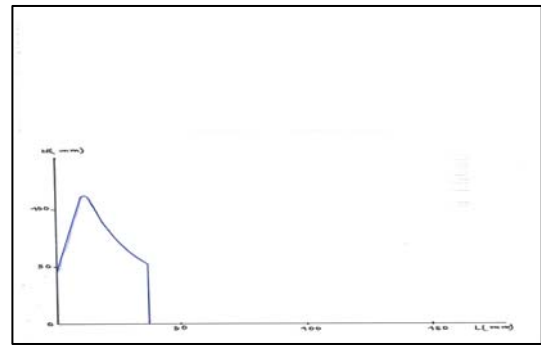


Figure 2: courbe moyenne de la variété Ain abid (Blé panifiable courant)

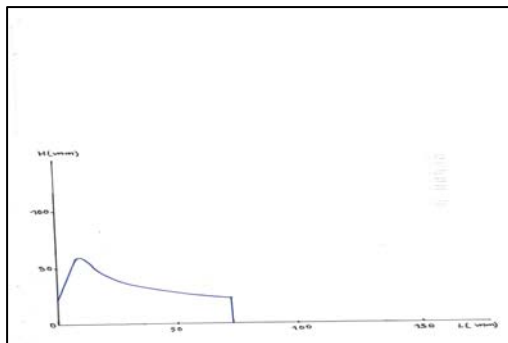


Figure 3: courbe moyenne de la variété Acsad 889 (Blé panifiable courant)

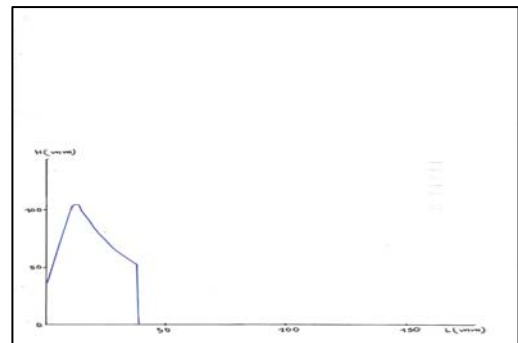


Figure 4: courbe moyenne de la variété Acsad 885 (Blé panifiable courant)

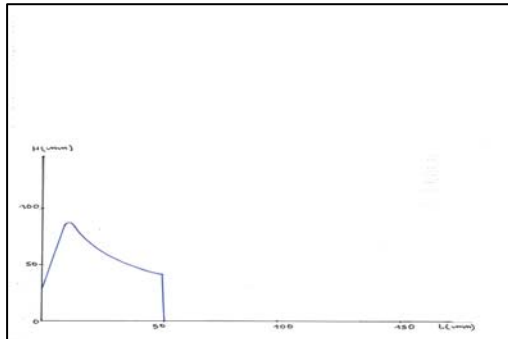


Figure 5 : courbe moyenne de la variété Acsad 969 (Blé panifiable courant)

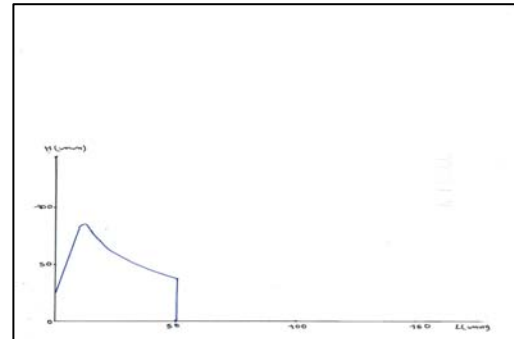


Figure 6: courbe moyenne de la variété Acsad 901 (Blé panifiable courant)

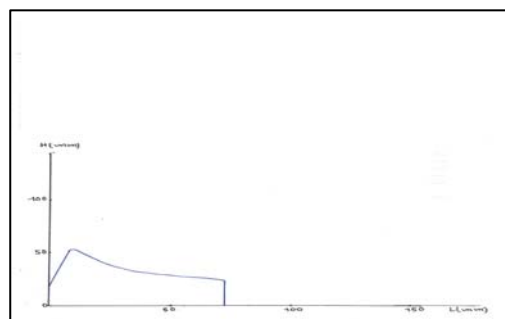


Figure 7: courbe moyenne de la variété Acsad 981 (Blé panifiable courant)

Annexe 05: Le matériel utilisés



Figure 1: Mélangeur Chopin 2L



Figure 2 :Moulin Chopin



Figure 3 : Tamis pour le nettoyage des grains



Figure 4 : Broyeur des grains



Figure 5 : Etuve Chopin



Figure 6 :Numigral



Figure 7: Distillateur d'Azote



Figure 8 : Four à moufle 900°C



Figure 9 : Mélangeur pour le test de Zeleny



Figure 10: Alvéolink



Figure 11 : Glutomatic

