

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



22 16-2'

203

## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité/Option : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire

**Thème : Etude Comparative de Quelques Caractéristiques Technologiques des Blés Durs Locaux et Importés Destinés à la Fabrication de Semoule**

Présenté par : Chahrazad BELAID

Devant le jury composé de :

- Président : M. MEZROUA L. (M.A)
- Examineur : Dr. SOUIKI L. (M.C)
- Examineur : Melle. DERBAL N. (M.A)
- Encadreur : Melle. ALLIOUI N. (M.A)



Juin 2012

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Dédicace



*Chahrazad*

# Remerciement

Tout d'abord, louange à ALLAH qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long du travail et qui m'a inspiré les bons pas et m'a donné le courage et la patience pour pouvoir élaborer ce modeste travail de fin d'études de Master.

Je suis honorée à mon encadreur :

Melle Alloui N. , qui m'a fait preuve d'une grande patience et qui a été d'une grande aide dans la réalisation de ce travail, ses conseils, ses orientations, ses encouragements, ainsi que son soutien scientifique et moral, elle m'a mené à bien la rédaction de ce travail.

Mes vifs et sincères remerciements s'adressent aux honorables membres de jury :

Mr Mezrouaa L. , qui m'a fait l'honneur de présider la commission pour juger ce mémoire de fin d'études.

Dr Souiki L. , de m'a fait le grand honneur d'accepter d'examiner la commission pour juger ce modeste travail.

Mlle Derhal N. , de m'a fait le grand honneur d'accepter d'examiner la commission pour juger ce travail.

Mes vifs remerciements et reconnaissances sont adressés à tout le groupe des moulins AMOR BENAMOR El Fedjoudj - Guelma :  
À M<sup>me</sup> Kalarasse A chef de laboratoire, chef de production, et toute l'équipe du laboratoire Mr Kalarasse ; M<sup>me</sup> Samira et M<sup>me</sup> Rima.  
Qui m'ont fourni gracieusement du matériel d'analyse et qui m'ont orienté et qui m'ont aidé pour mener à bien mes expérimentations.

J'adresse mes remerciements à M<sup>r</sup> Bouchelaghem, Chef de département SNV et M<sup>me</sup> Djorfi H. technicienne du laboratoire, qui m'ont fourni du matériel nécessaire pour certaines analyses.

Je tien à remercier, tout le corps enseignant du département de Biologie de l'Université 08 Mai 1945 Guelma pour la qualité de leur enseignement, et surtout à ceux qui m'ont enseignés.

Sans oublier ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.





# Liste des tableaux

N°= du tableau	Titre	Page
1	Famille des <i>Gramineae</i>	8
2	Classification des <i>Triticum</i>	10
3	Classification taxonomique du blé dur ( <i>Triticum durum</i> Desf)	11
4	Composition biochimique du grain de blé	16
5	Classification des protéines du blé selon Osborne	18
6	Composition en acides aminés des protéines du blé (nombre de résidus pour 100)	19
7	Composition en lipides du blé	20
8	Composition en acides gras des lipides du blé, du germe et de l'albumen (% acides gras totaux)	21
9	Composition minérale de blé	21
10	Composition en vitamines de blé	22
11	Teneurs en phytates et polyphénols dans le blé	22
12	Distribution histologique des principaux constituants chimiques du grain de blé.	23
13	Conditions minimales de la mise à l'intervention pour le blé dur (Règlement 824/2000)	44
14	Moyennes et écart-type pour le poids spécifique des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	74
15	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le poids spécifique.	76
16	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le poids spécifique.	76
17	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le poids spécifique.	76
18	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le poids spécifique.	77
19	Moyennes et écart-type pour le poids de mille grains sur (MTQ) des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	78
20	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le poids de mille grains (MTQ).	80
21	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le poids de mille grains (MTQ).	80
22	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le poids de mille grains (MTQ).	80
23	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le poids de mille grains (MTQ).	81
24	Moyennes et écart-type pour le poids de mille grains sur (MS) des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	82
25	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le poids de mille grains sur (MS).	83
26	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le poids de mille grains sur (MS).	83

Liste des Tableaux

27	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le poids de mille grains sur (MS).	84
28	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le poids de mille grains sur (MS).	84
29	Moyennes et écart-type pour le taux de mitadinage des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	85
30	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le taux de mitadinage.	86
31	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le taux de mitadinage.	86
32	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le taux de mitadinage.	87
33	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le taux de mitadinage.	87
34	Moyennes et écart-type pour le taux de vitrosité des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	88
35	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le taux de vitrosité.	89
36	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le taux de vitrosité.	89
37	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le taux de vitrosité.	90
38	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le taux de vitrosité.	90
39	Moyennes et écart-type pour la teneur en protéines des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	92
40	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour la teneur en protéines.	93
41	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) la teneur en protéines.	93
42	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) la teneur en protéines.	94
43	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour la teneur en protéines.	94
44	Moyennes et écart-type pour la teneur en eau des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	95
45	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour la teneur en eau.	96
46	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour la teneur en eau.	96
47	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour la teneur en eau.	97
48	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour la teneur en eau.	97
49	Moyennes et écart-type pour le taux d'humidité des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	98
50	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour l'humidité de la semoule.	99



**Liste des Tableaux**

51	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour l'humidité de la semoule.	99
52	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100) pour l'humidité de la semoule.	100
53	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour l'humidité de la semoule.	100
54	Moyennes et écart-type pour le taux de cendres sur (MTQ) des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	101
55	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.	102
56	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.	102
57	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.	103
58	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.	103
59	Moyennes et écart-type pour le taux de cendres sur (MS) des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	104
60	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français 100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.	105
61	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.	105
62	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français 100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.	106
63	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.	106
64	Moyennes et écart-type pour les indices de couleur des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	107
65	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour l'IB.	110
66	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour l'IB.	110
67	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour l'IB.	111
68	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour l'IB.	111
69	Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100% Local100%) pour l'IJ.	112
70	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour l'IJ.	112
71	Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour l'indice de jaune.	113



# Liste des figures

N°= de figure	Titre	Page
1	Centre d'origine du blé dur	6
2	Origine commune du blé avec celle du riz et du maïs	7
3	Phylogénie des blés	9
4	Graine de blé <i>Triticum turgidum ssp. durum</i>	12
5	Coupe longitudinale d'un grain de blé et vue agrandie	14
6	Structure générale de grain de blé	15
7	Amylose et amylopectine deux constituants de l'amidon	17
8	Répartition des composants chimiques dans les différents tissus du grain de blé	23
9	Processus de transformation du blé	24
10	Recherche des impuretés ; Blé dur Mode opératoire réglementaire selon l'annexe III du règlement 824/2000	25
11	Mesure de la ténacité par l'alvéographe de Chopin	37
12	Présentation des moulins AMOR BENAMOR .El Fedjoudj -GUELMA- (Nord-Est Algérien)	45
13	Mode opératoire pour déterminer le poids spécifique avec le Niléma-litre.	49
14	Mode opératoire pour la détermination du poids de mille grains par le comptage manuel des grains	51
15	Compteur calculeur du poids de mille grains, Calc PMG	51
16	Mode opératoire pour déterminer le taux de mitadinage avec le farinotome de Pohl	53
17	Mode opératoire pour déterminer la teneur en protéines avec l'Infratec™1241	55
18	Mode opératoire pour déterminer la teneur en eau avec l'Infratec™1241	58
19	Mode opératoire pour déterminer la teneur en eau de la semoule avec l'étuve EM10 selon la méthode de référence	61
20	Mode opératoire pour déterminer le taux de cendres de la semoule avec le four à moufle selon la méthode de référence	64
21	Mode opératoire pour déterminer la couleur de la semoule avec le colorimètre CR 410 Konica Minolta	66
22	Le système Glutomatic	69
23	Principe de la méthode Gluten Index	70
24	Mode opératoire pour déterminer le Gluten Index avec le système Glutomatic	72
25	Résultats relatifs au poids spécifique des grains des 3 types de blé dur (Canadien, Français et Local)	74
26	Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière telle quelle des 3 types de grains de blé dur (Canadien, Français et Local).	78
27	Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière sèche des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	82
28	Résultats relatifs au taux de mitadinage des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local)	85



## Liste des Figures

<b>29</b>	Résultats relatifs au taux de vitrosité des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	88
<b>30</b>	Représentation graphique en secteur des taux (mitadinage/vitrosité) pour le blé Canadien	91
<b>31</b>	Représentation graphique en secteur des taux (mitadinage/vitrosité) pour le blé Français	91
<b>32</b>	Représentation graphique en secteur des taux (mitadinage/vitrosité) pour le blé Local	91
<b>33</b>	Résultats relatifs à la teneur en protéines des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	92
<b>34</b>	Résultats relatifs à la teneur en eau des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	95
<b>35</b>	Résultats relatifs à l'humidité des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	98
<b>36</b>	Résultats relatifs à la teneur en cendres sur matière telle quelle des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	101
<b>37</b>	Résultats relatifs à la teneur en cendres sur matière sèche des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	104
<b>38</b>	Résultats relatifs aux indices de couleur des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	107
<b>39</b>	Résultats relatifs au taux de gluten : faible, humide, sec et Index des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).	115
<b>40</b>	Résultats relatifs à l'Indice de gluten des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).	115



# Liste des abréviations

<b>L.</b>	Carl von Linné
<b>Var</b>	variété
<b>Desf</b>	René Louiche Desfontaines
<b>q/ha</b>	quintaux par hectare
<b>USDA</b>	United States Department of Agriculture
<b>ha</b>	hectare
<b>SAU</b>	Superficie Agricole Utile
<b>kg /hab/an</b>	kilogramme par habitant par an
<b>Kcal/personne/jour</b>	kilo calorie par personne par jour
<b>PME</b>	Petite Moyenne Entreprise
<b>DA</b>	Dinar Algérien
<b>T/jour</b>	tonnes par jour
<b>SG-FPM</b>	Sous-unités Gluténines de Faible Poids Moléculaire
<b>°C</b>	degré celsius
<b>PS</b>	Poids Spécifique
<b>kg/hl</b>	kilogrammes par hectolitre
<b>PMG</b>	Poids de Mille Grains
<b>m/m</b>	matière par matière
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>AACC</b>	American Association of Cereal Chemists
<b>ICC</b>	International Chamber of Commerce
<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation
<b>t</b>	temps
<b>IG</b>	Indice de Gluten
<b>GI</b>	Gluten Index
<b>MTQ</b>	Matière Telle Quelle
<b>MS</b>	Matière Sèche
<b>IB</b>	Indice de Brun
<b>IJ</b>	Indice de Jaune
<b>NS</b>	Non Significatif

1-6-3-	Protéines .....	18
1-6-3-1-	Composition en acides aminés .....	19
1-6-3-2-	Propriétés spécifiques des protéines de réserve du blé .....	20
1-6-4-	Lipides .....	20
1-6-5-	Minéraux .....	21
1-6-6-	Vitamines .....	22
1-6-7-	Facteurs antinutritionnels .....	22
1-6-7-1-	Inhibiteurs d'enzymes digestives .....	22
1-6-7-2-	Phytates .....	22
1-6-7-3-	Polyphénols .....	22
1-7-	Distribution histologique des composants chimiques .....	23
<b>Chapitre 2 : Transformation des Blés Durs et Caractéristiques de leurs Produits</b>		
2-1-	Processus de transformation du blé dur .....	24
2-5-1-	Réception des matières premières .....	24
2-5-2-	Phase de pré-nettoyage .....	24
2-5-3-	Nettoyage .....	24
2-5-4-	Conditionnement .....	25
2-1-4-1-	Premier mouillage .....	26
2-1-4-2-	Deuxième mouillage .....	26
2-1-4-3-	Nettoyages humides du blé .....	26
2-5-5-	Mouture .....	26
2-1-5-1-	Broyage .....	26
2-1-5-2-	Désagrégage .....	26
2-1-5-3-	Claquage et convertissage .....	27
2-1-5-4-	Sassage .....	27
2-1-5-5-	Curage du son .....	27
2-1-5-6-	Blutage .....	27
2-5-6-	Etape ensachage .....	27
2 2	Produits issus de transformations de blé dur .....	28
2-5-1-	Produits issus de la première transformation de blé dur .....	28
2-2-2-1-	Semoule .....	28
2-2-2-2-	Farine .....	29
2-2-2-3-	Finots .....	29
2-2-2-4-	Gruaux .....	29
2-2-2-5-	Issues .....	29
2-5-2-	Produits issus de la deuxième transformation de blé dur .....	29
2-2-2-1-	Pâtes alimentaires .....	29
2-2-2-2-	Galette (Kesra/pain Algérien) .....	29
2-2-2-3-	Couscous .....	30
2-3-	Caractères technologiques de grains de blé dur .....	30
2-5-1-	Poids à l'hectolitre ou spécifique .....	31
2-5-2-	Poids de mille grains .....	31
2-5-3-	Taux de mitadinage .....	32
2-5-4-	Teneur en protéines .....	32
2-5-5-	Teneur en eau .....	33
2-5-6-	Dureté .....	33
2-5-7-	Valeur semoulière .....	33



2-4-	Caractères technologique de semoule de blé dur .....	34
2-4-1-	Humidité de semoule .....	34
2-4-2-	Teneur en cendres de semoule .....	34
2-4-3-	Couleur de semoule .....	35
2-4-3-1-	Indice de clarté ou L* .....	35
2-4-3-2-	Indice de rouge ou a* .....	35
2-4-3-3-	Indice de jaune ou b* .....	35
2-4-4-	Taux de gluten .....	35
2-4-5-	Mesure de la qualité culinaire .....	36
2-4-5-1-	Test sensoriel .....	36
2-4-5-2-	Méthode de l'alvéographe CHOPIN modifié .....	37
2-4-6-	Couleur des spaghettis .....	37
2-4-7-	Indice de chute .....	38
2-4-8-	Indice granulométrique .....	38
2-5-	Facteurs altérant l'aptitude technologique .....	39
2-5-1-	Teneur en protéines .....	39
2-5-2-	Teneur en cendre .....	39
2-5-3-	Poids spécifique .....	39
2-5-4-	Grains brisés .....	40
2-5-5-	Grains mitadinés .....	40
2-5-6-	Grains germés .....	40
2-5-7-	Grains cécidomyiés .....	41
2-5-8-	Grains chauffés par le séchage .....	42
2-5-9-	Grains cariés et boutés .....	42
2-5-10-	Grains mouchetés .....	42
2-5-11-	Grains punaisés .....	43
2-5-12-	Grains échaudés .....	43
2-6-	Règlement de qualité des blés durs .....	44

## PARTIE 2 : EXPERIMENTATION PRATIQUE

### Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

3-1-	Présentation du site de l'étude .....	45
3-2-	Matériels .....	46
3-2-1-	Matériel biologique (végétal) .....	46
3-2-2-	Matériel d'analyse .....	46
3-3-	Méthodes .....	46
3-3-1-	Paramètres relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur .....	47
3-3-1-1-	Poids spécifique (P.S.) .....	47
3-3-1-2-	Poids de mille grains (PMG) .....	50
3-3-1-3-	Taux de mitadinage .....	52
3-3-1-4-	Teneur en protéine .....	54
3-3-1-5-	Teneur en eau .....	56
3-3-2-	Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur ...	59
3-3-2-1-	Humidité de la semoule (selon la méthode de référence)..	59
3-3-2-2-	Taux de cendres de la semoule (selon la méthode de référence)	62
3-3-2-3-	Couleur de la semoule (indice de jaune - indice de brun) .	65
3-3-2-4-	Indice de gluten .....	68
3-3-3-	Méthode d'analyse statistique .....	73



**Chapitre 4 : Résultats et Discussion**

4-1- Résultats relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur .....	74
4-1-1- Poids spécifique (P.S.) .....	74
4-1-2- Poids de mille grains (MTQ) .....	78
4-1-3- Poids de mille grains (MS) .....	82
4-1-4- Taux de mitadinage .....	85
4-1-5- Taux de Vitrosité .....	88
4-1-6- Teneur en protéines .....	92
4-1-7- Teneur en eau .....	95
4-2- Résultats relatifs aux caractéristiques des semoules de blé dur .....	98
4-2-1- Humidité de semoule .....	98
4-2-2- Taux de cendres de semoule (MTQ) .....	101
4-2-3- Taux de cendres de semoule (MS) .....	104
4-2-4- Couleur de la semoule .....	107
4-2-4-1- Indice de brun .....	110
4-2-4-2- Indice de jaune .....	112
4-2-5- Indice de gluten .....	114
4-3- Discussion générale .....	119
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	127
<b>Références bibliographiques</b> .....	130
<b>Résumés</b>	
<b>Annexes</b>	

Produced with Scantopdf

# INTRODUCTION



## Introduction

Depuis des millénaires, siècles après siècles, les céréales se prêtent à de multiples préparations qui sont en premier lieu l'alimentation humaine tel que la farine, pain et biscuits, semoules, pâtes alimentaires, couscous, ou comme ingrédients alimentaires : amidonnerie et glutennerie (Kalarasse et Zouaimia, 2010).

Le blé fait partie des trois céréales les plus consommées au niveau mondial avec le riz et le maïs. Avec une production de 600 millions de tonnes/an, il a représenté en 2010 la troisième production céréalière importante dans le monde, et la deuxième classe après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, et il assure 15% de leurs besoins énergétiques (Mouellef, 2010).

Le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*, Desf.), représente environ 8% des superficies de blé. Il est cultivé approximativement sur 17 millions d'hectares dans le monde ; de cette surface 70 % est localisée dans la région du bassin méditerranéen. (Hamel, 2010). En Algérie la culture du blé dur occupe une surface importante représentant environ 65% de la surface céréalière (Derbal, 2009).

Les différentes céréales se distinguent les unes des autres au niveau génétique (nombre de chromosomes) et de leur composition chimique, ainsi qu'en ce qui concerne leur potentiel de transformation.

La qualité d'un blé dur est fonction de l'utilisation que l'on en fait. Les produits fabriqués sont surtout la semoule (industries de première transformation), et les pâtes alimentaires (industries de deuxième transformation). La qualité doit répondre à des critères nutritionnels, hygiéniques et organoleptiques (Trenteseaux (1995) cité in Derbal, 2009).

De la qualité de la matière première dépend celle du produit fini. Les constituants du grain de blé sont responsables de sa qualité technologique. La définition de leurs déterminants génétiques et le rôle des paramètres agro-climatiques constituent des clés indispensables à l'ensemble des agents de la filière: sélectionneurs, agriculteurs et transformateurs (Benbelkacem et Kellou, (2000) cité in Derbal, 2009).

La notion de « qualité » de blé dur est très complexe. Sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype-milieu et de la valeur nutritionnelle (Derbal, 2009).

Par conséquent un "bon" blé dur est celui qui satisfera le consommateur final, tandis que le fabricant de pain, de couscous ou de pâte recherchera une matière première, la semoule, qui lui permettra de transformer convenablement une "bonne" semoule en un "bon" produit fini.

La qualité technologique du blé dur englobe une série de caractéristiques qui vont du rendement en semoule jusqu'à l'aptitude à la transformation en pâtes alimentaires.

La filière blé dur dispose aujourd'hui de nombreux tests fiables d'appréciation de la qualité. Toutefois cet ensemble de mesures est évolutif et son enrichissement progressif vient de la créativité des chercheurs et de nouveaux besoins exprimés par les industriels. C'est la raison pour laquelle les partenaires de la filière se sont accordés sur différentes mesures, analyses et tests, dont la mise en application permet une évaluation globale donnant satisfaction (Derbal, 2009).

Ce travail vise à comparer quelques caractères technologiques des grains de différents types de blés, importés et local, ainsi que leurs semoules, selon les seuils présentés par les normes internationales de qualité.

A cet effet, pour notre travail nous avons adopté le plan suivant qui comprend :

- Une première partie relative à l'étude bibliographique: l'importance du blé, son origine de sa biologie, ainsi que sa composition chimique dans le premier chapitre.

La technologie du blé dur en ce qui concerne la transformation et les caractères technologiques du blé dur et de la semoule, en deuxième chapitre.

- Une deuxième partie pratique : qui englobe, le matériel végétal utilisé, et les méthodes d'analyse de la qualité technologique, dans un troisième chapitre.

En quatrième chapitre nous avons présenté les résultats obtenus et leurs discussions.

Et enfin, une conclusion et perspectives permettant de synthétiser les résultats, en fonction des données quantitatives des différentes caractéristiques technologiques étudiées.



# PARTIE 1



REVUE  
BIBLIOGRAPHIQUE



# Chapitre 1

## GENERALITES



## 1-1- Importance de la culture du blé

### 1-1-1- Importance de la culture du blé dans le monde

L'histoire du grain de blé est étroitement liée à l'histoire de l'humanité ; Depuis la plus haute antiquité, le blé est une base de l'alimentation en raison de sa haute valeur nutritive [25].

Les grains de blé dur donnent de la semoule pendant la mouture, cette semoule est valorisée dans la fabrication des pâtes alimentaires (Mouellef, 2010).

C'est ainsi que sous des formes très variées (pain, biscuits, couscous, pâtes, ...), le blé devient l'aliment essentiel de la civilisation occidentale [25].

De plus en Afrique du Nord, on utilise aussi cette céréale pour la production de couscous et des pains traditionnels (la galette) (Feillet, (2000) cité in Mouellef, 2010).

#### 1-1-1-1- Production

Au niveau mondial, l'amélioration des techniques culturales et la sélection génétique ont conduit à un accroissement considérable des rendements, passant de moins de 10 q/ha (quintaux par hectare) en 1900 à plus de 25 en 1990 [25].

Les récoltes de blé dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs (Millions de tonnes) sont montrées dans le tableau (Tab.A, annexe A).

La production mondiale de blé pour la campagne 2011-12 sera de 672 millions de tonnes selon le département américain de l'agriculture (USDA) en juillet 2011, soit plus de 21 300 kilos de blé produits chaque seconde ou 1,8 milliards de kilos de blé par jour [37].

La chine est devenue le premier producteur mondial devant l'union européenne, les pays de l'ex-URSS, les Etats-unis et l'inde (Hamel, 2010).

#### 1-1-1-2- Importations

Depuis 1960, la consommation a, elle aussi, beaucoup augmenté, quantitativement en Asie et qualitativement en Europe ; Dans les pays en voie de développement, la consommation annuelle de blé par tête a notablement progressé entre 1905 et 1985: au Proche-Orient, de 181 à 248 kg ; en Afrique du Nord, de 131 à 204 ; en Afrique subsaharienne, de 8 à 16 [25].

Les importations de blé dans le monde par grandes zones et principaux pays importateurs (Millions de tonnes) sont montrées dans le tableau (Tab.B, annexe A) [14].

### 1-1-1-3- Exportations

Neuf grands exportateurs assurent près de 90% des ventes mondiales de blé : les Etats-Unis des , le Canada , l'Union Européenne à et l'ex-URSS (Russie, Ukraine, Kazakhstan) pour l'hémisphère nord, l'Australie, l'Argentine et l'Inde pour l'hémisphère sud ; Au sein de l'Union Européenne, la position française à l'exportation est dominante [25].

Les principaux pays exportateurs de blé dans le monde sont montrés dans le tableau (Tab.C, annexe A) [14].

À la différence, du riz et du maïs dont l'essentiel de la production est assurée dans une seule région du monde (la Chine pour le riz et les Etats-Unis pour le maïs), la culture du blé est présente dans toutes les régions de la planète, ce qui en fait un symbole d'universalité (Zeitoun, 2011)

On peut cultiver le blé sans irrigation avec moins de 50 cm de précipitations annuelles; sa tolérance au froid est remarquable, il supporte la neige et le gel prolongé par plus de 600 de latitude nord; Il a conquis les pays humides et froids (Pays-Bas, Danemark) et donne les meilleurs rendements dans des contrées apparemment vouées à l'herbage (Henry et al, (2000) cités in Hamel, 2010).

### 1-1-2- Importance de la culture du blé en Algérie

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale ; Cette caractéristique est perçue d'une manière claire à travers toutes les phases de la filière (Djermoun, 2009).

#### 1-1-2-1- Production

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, la superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha.

Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures. Elle apparait donc comme une spéculation dominante.

Spéculation pratiquée par la majorité des exploitations (60% de l'effectif global, associé à la jachère dans la majorité des exploitations.

Spéculation présente dans tous les étages bioclimatiques, y compris dans les zones sahariennes.



En matière d'emploi, plus de 500 000 emplois permanents et saisonniers sont procurés par le système céréalier (ministère de l'Agriculture) (Djermoun, 2009).

### 1-1-2-2- Consommation

La consommation des produits céréaliers se situe à un niveau d'environ 205 kg /hab/an ; Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien, et elles fournissent plus de 60% de l'apport calorifique et 75 à 80% de l'apport protéique de la ration alimentaire.

C'est ainsi, au cours de la période 2001-2003, les disponibilités des blés représentent un apport équivalent à 1505,5 Kcal/personne/jour, 45,533 gr de protéine /personne/j et 5,43 gr de lipide/personne /J (Djermoun, 2009)

### 1-1-2-3- Importations

En relations avec le marché mondial, les produits céréaliers représentent plus de 40% de la valeur des importations des produits alimentaires. Les produits céréaliers occupent le premier rang (39,22 %), devant les produits laitiers (20,6%), le sucre et sucreries (10%) et les huiles et corps gras (10%)

De 1995 à 2005, le marché Algérien a absorbé, en moyenne annuelle, 4244903 tonnes de blés dont 70,44% de blé dur, soit 2990265 tonnes représentant une valeur de 858 millions de dollars, dont 60,36% de blé dur, soit 578 millions (Djermoun, 2009).

### 1-1-2-4- Industries de transformations

L'industrie de transformation occupe une place « leader » dans le secteur des industries agroalimentaires, en raison des capacités importantes de triturations dont elle dispose ; (+230%) par rapport à la taille du marché domestique, réparties entre les moulins publics (95%) et privés (135%), soit respectivement une capacité de trituration de l'ordre de 19000 et de 27000 T/jour.

L'industrie céréalière privée compte actuellement 253 PME privés qui contrôlent 80% du marché domestique en 2005.

Chiffre d'affaire des ERIAD en 1998 est évalué à 86 milliards de DA soit 1,03 milliard de dollars (Djermoun, 2009).

## 1-2- Origine des blés

### 1-2-1- Origine géographique des blés

Oudjani (2009) rapporte que, le blé est l'une des premières espèces cueillies et cultivées par l'homme au proche Orient, il y a environ 10.000 à 15.000 ans avant J.C (Hervé, 1979), des restes de blés, diploïde et tétraploïde, ont été découverts sur des sites archéologiques au proche Orient d'après Harlan (1975) et on croit que le blé dur provient des territoires de la Turquie, de la Syrie, de l'Iraq et de l'Iran selon Feldman (2001).

L'aire géographique du blé est le Tigre et L'Euphrate en Iraq. Elle s'est étendue jusqu'au Nil en Egypte où des variétés de blé ont été découvertes dans les temples égyptiens (Fig. 1) On a retrouvé en Palestine le blé sauvage à l'Est de la mer morte et dans les régions de Syrie ainsi que sur les côtes et dans les vallées Magrébines (Anonyme (1994) cité in Oudjani , 2009).

La culture du blé s'est diffusée vers le Nord-Ouest par les plaines côtières du bassin méditerranéen et au travers des Balkans (URSS) puis en suivant la vallée du Danube (Allemagne) pour arriver à la vallée du Rhin (France) entre 6000 et 5000 avant J.C. Les restes archéologiques montrent que le blé atteint L'Ouest de l'Europe 5000 avant J.C environ. Dans le même temps, il diffuse vers l'Asie et l'Afrique.

Son introduction en Amérique, et plus encore en Australie, n'est que très récente ; L'évolution du blé s'est donc produite dans de nombreux écosystèmes, de manière relativement indépendante jusqu'au XIX siècle (Bonjean (2001) cité in Oudjani , 2009).

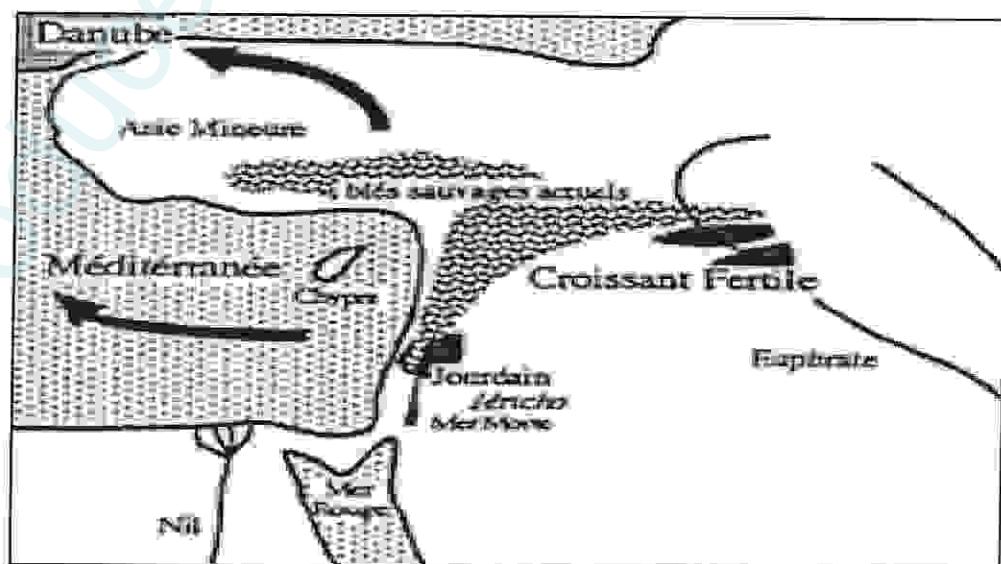


Figure 1 : Centre d'origine du blé dur (Oudjani, 2009).

1-2-2- Origine génétique des blés

L'origine du blé est commune avec celle du riz et du maïs (Fig. 2) ; Il y a 60 à 70 millions d'années (à la fin de l'ère secondaire), un chromosome ancestral géant s'est fragmenté en plusieurs blocs élémentaires.

Ces ensembles de gènes se sont alors réassociés de diverses manières et ont engendrés toutes les céréales actuelles. Cela expliquerait ainsi que l'on trouve de nombreux gènes communs 2 à 2 ou aux 3 céréales, et que certains ensembles de gènes se retrouvent dans le même ordre chez des genres aussi différents que le blé, le maïs et le riz [9].

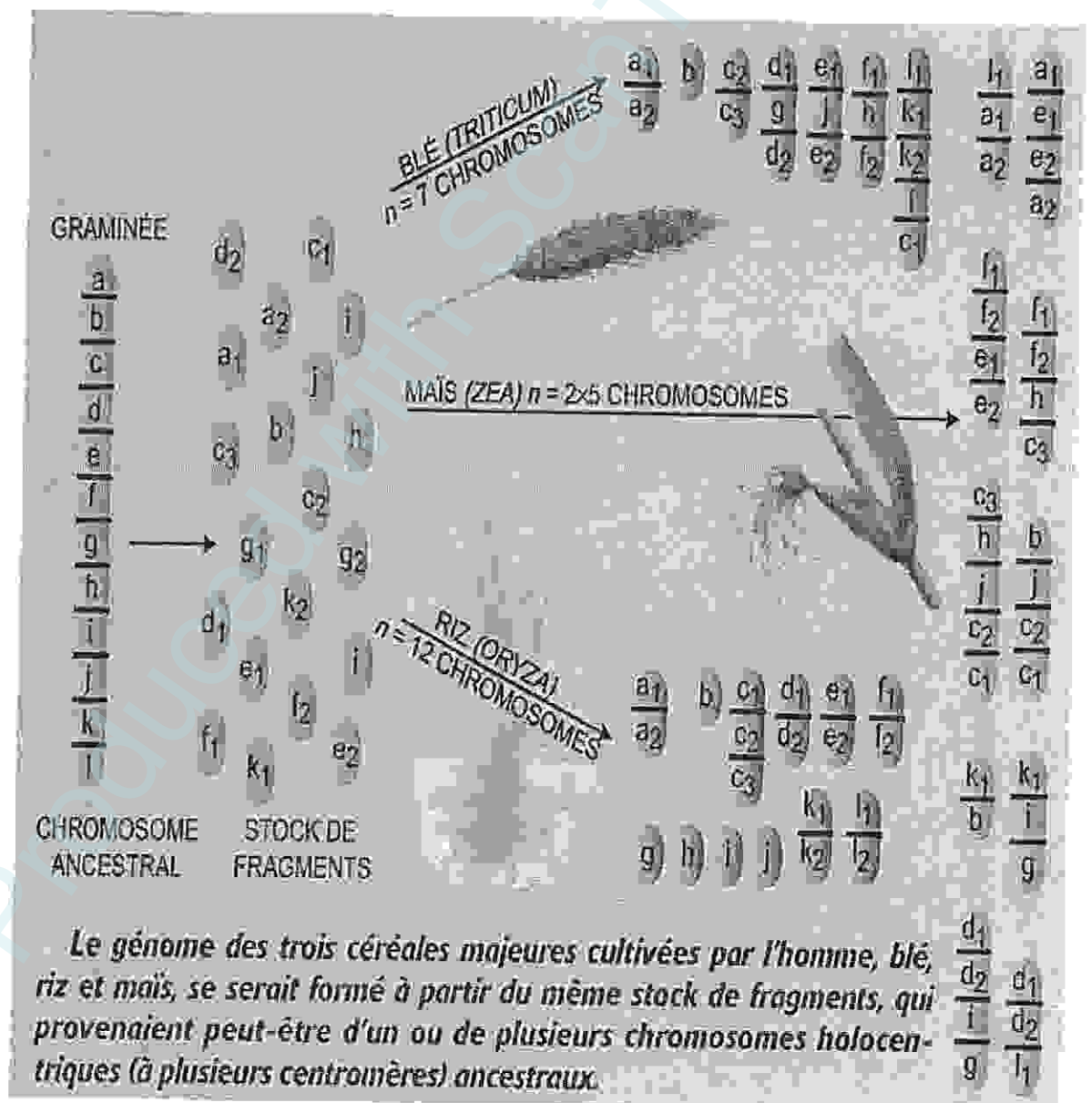


Figure 2 : Origine commune du blé avec celle du riz et du maïs [9].



### 1-2-3- Classification génétique et phylogénie des blés

Le terme de blé vient probablement du gaulois *blato* (à l'origine du vieux français *blaie*, *blee*, *blaier*, *blaver*, d'où le verbe *emblaver*, qui signifie *ensemencer en blé*).

Le blé appartient à la famille des graminées, et sa position taxonomique dans cette famille est présentée dans le tableau (Tab.1) (Hamel, 2010).

Tableau 1 : Famille des *Gramineae* (Feillet, 2000).

Famille	Sous-famille	Tribu	Sous-tribu	Genre	Nom commun (espèce)
Gramineae	Festucoideae	Triticeae	Triticineae	triticum	Blé tendre
					Blé dur
				secale	Seigle
				hordeum	Orge
		Oryzeae		avena	Avoine
				oryza	Riz
	Panicoideae		Tripsaceae	zea	Maïs
		Andropogoneae		sorghum	sorgho

Le genre *Triticum* comprend les espèces sauvages et domestiques généralement considérées comme du blé ce dernier est une espèce allopolyploïdes, provenant d'hybridations interspécifiques spontanées et d'un doublement du nombre chromosomique procurent un enrichissement génétique en rassemblant les génomes de différentes espèces (Hoyt (1992) cité in Hamel, 2010).

Ils sont groupés dans trois classes de ploïdie, dont le nombre haploïde de base est sept, le nombre chromosomique de ces espèces est également un multiple de ce nombre ; Selon (Van Slageren (1994) cité in Hamel, 2010). Ils sont soit :

- Diploïdes ( $2n=2x=14$ ; AA, BB, densité double) et il existe deux espèces : *Triticum urartu* et *Triticum boeoticum* et ce dernier, est l'ancêtre sauvage de l'engrain domestiqué ; *Triticum monococcum*.
- Tétraploïdes ( $2n=4x=28$  ; AABB)
- Hexaploïdes ( $2n=6x=42$  ; AABBDD), et il n'existe pas de blé hexaploïde sauvage, car les blés hexaploïdes ont évolué sous l'effet de la domestication (Fig.3).

Chapitre 1 : Généralités

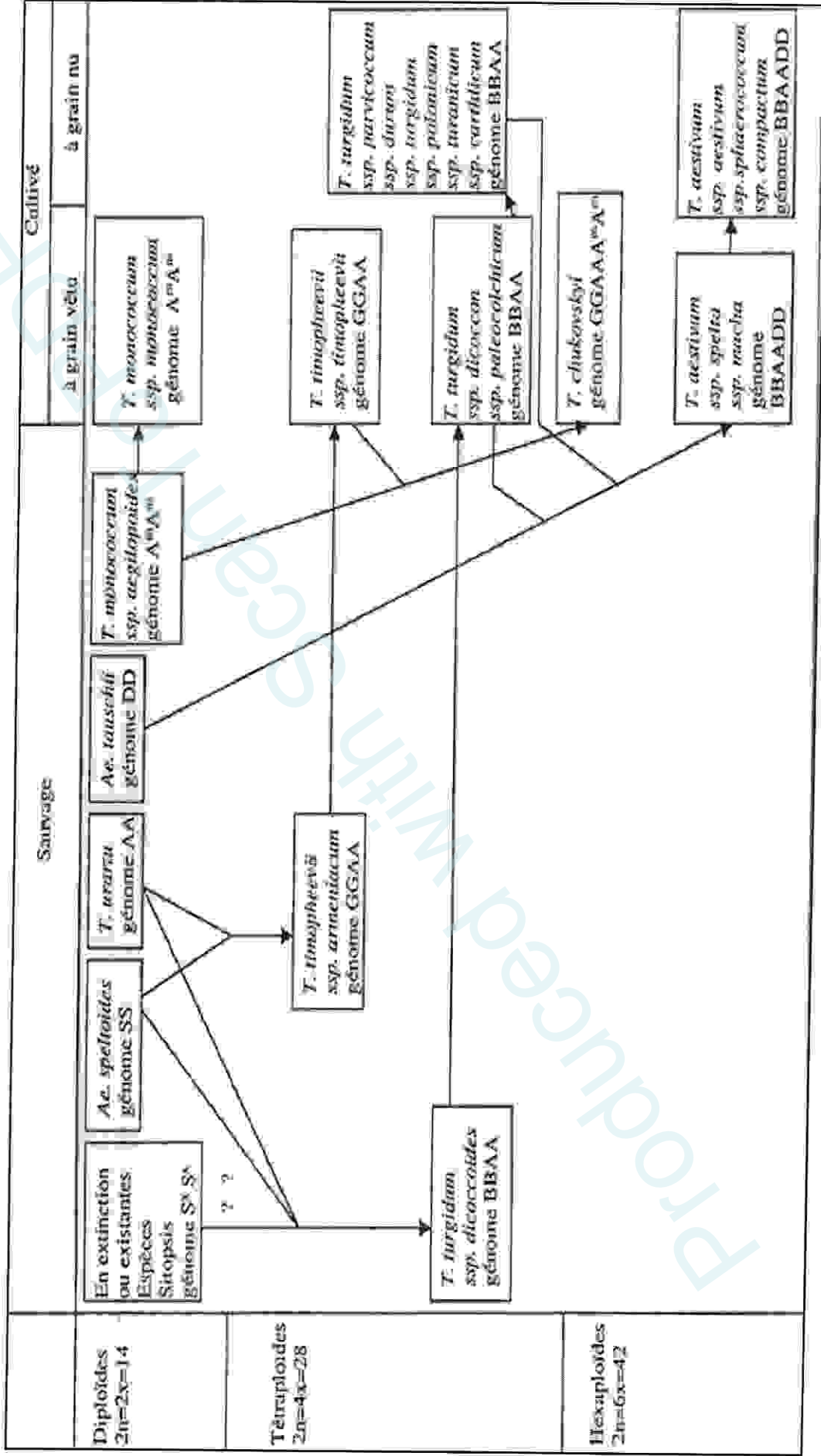


Figure 3 : Phylogénie des blés (Feldman (2001) cité in Mouellef, 2010)

Hamel (2010) signale que , la filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Il est acquis que :

- Le génome A provient de *Triticum monococcum* ,
- Le génome B d'un *Aegilops (bicornis, speltoïdes, longissima ousearsii)*
- Le génome D d'*Aegilops squarrosa* (également dénommé *Triticum tauschii*)

Le croisement naturel *T. monococcum* x *Aegilops* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AA BB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *T.turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *T. durum* (blé dur cultivé) Les blés tendres cultivés (AA BB DD) seraient issus d'un croisement, également naturel, entre *T. turgidum* ssp. *dicoccum* (AA BB) et *Aegilops squarrosa* (DD)

Selon Doussinault et al. (2002) ; le genre *Triticum* est divisé par Mackey (1966) en cinq espèces :

- *T. monococcum* (L.) MK 2n = 14, génomes AA
- *T. turgidum* (L.) Thell 2n = 28, génomes AABB
- *T. timopheevi* (Zuhk) MK 2n = 28, génomes AAGG
- *T. aestivum* (L.) Thell 2n = 42, génomes AABBDD
- *T. zhukovski* (Men et Er.) 2n = 42, génomes AAAAGG

Le tableau (Tab.2) montre la classification des *Triticum* selon le nombre de chromosomes et la nature des génomes (d'après Feillet, 2000).

**Tableau 2 :** Classification des *Triticum* (Feillet, 2000).

Forme sauvage	Forme cultivée	Nom commun	Nombre de chromosomes (2n)	Nature des génomes
<i>T. boeaticum</i> <i>T. urartu</i>	<i>T. monococcum</i>	Engrain	14 14	AA AA
<i>T. dicoccoides</i>	<i>T. dicoccum</i>	Blé poulard	28	AA BB
	<i>T. durum</i>	Blé dur	28	AA BB
	<i>T. polonicum</i>	Blé de Pologne	28	AA BB
	<i>T. turgidum</i>		28	AA BB
	<i>T. araraticum</i>		28	AA BB
<i>T. mon X</i> <i>T. spe X AS</i> (hypothétique)	<i>T. aestivum</i>	Blé tendre	42	AA BB DD
	<i>T. spelta</i>	Epeautre	42	AA BB DD
	<i>T. sphaerococcum</i>	Blé indien nain	42	AA BB DD
	<i>T. compactum</i>	Blé club	42	AA BB DD

T: *Triticum*.



### 1-3- Diversité variétale des blés

Toutes les différentes variétés de blé sont classées en trois grandes catégories :

#### 1-3-1- Blés durs

Les grains de blés durs sont allongés, souvent même pointus, les enveloppes sont assez minces et légèrement translucides, Ils donnent moins de son que les blés tendres et la farine obtenue, bien que contenant plus de gluten (12 à 14 %), se prêtent moins bien à la panification [21].

#### 1-3-2- Blés tendres

Les grains des blés sont arrondis, les enveloppes sont épaisses, sans transparence, Ils se prêtent particulièrement bien à la mouture ; en effet, lors du passage entre les cylindres, les enveloppes s'aplatissent et s'ouvrent sans se broyer, libérant l'amande et donnant une très forte proportion de son.

Les blés tendres permettent d'obtenir une farine de bonne qualité, contenant environ 8 à 10 % de gluten, ayant de bonnes aptitudes pour la panification [21].

#### 1-3-3- Blés mitadins

Les grains sont plus plats que les grains de blé tendre et moins longs que ceux du blé dur ; Les enveloppes assez résistantes sont d'une épaisseur moyenne ; Contenant du gluten de très bonne qualité, les blés mitadins sont parfois employés comme des blés de force, mélangés à des blés tendres, ce qui donne des farines de très bonne qualité pour la panification [21].

### 1-4- Classification taxonomique du blé dur (*Triticum durum* Desf)

Le blé dur obéit à la classification suivante (Tab.3)

**Tableau 3 :** Classification taxonomique du blé dur (*Triticum durum* Desf)  
(Feillet, (2000) cité in Mouellef, 2010).

<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Sous Embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Monocotylédones
<b>Ordre</b>	Poales
<b>Famille</b>	Poaleae
<b>Sous-famille</b>	Festucoideae
<b>Tribu</b>	Triticeae
<b>Sou-Tribu</b>	Triticineae
<b>Genre</b>	<i>Triticum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Triticum durum</i> Desf.

## 1-5- Caractéristiques botaniques du blé dur

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) est une plante annuelle de la classe de Monocotylédones de la famille des Graminées, de la tribu des Triticées et du genre *Triticum* (Feillet, (2000) cité in Mouellef , 2010)

Fait donc partie du groupe des espèces tétraploïdes ( $2n = 28$ ) ; Il est le résultat d'un croisement *Triticum monococcum* et *Aegilops speltoides* [47].

Les blés durs (Fig.4) ont un grain allongé, pointu, et corné, la paille est pleine, peu de tallage ; Les grains sont riches en gluten, mais avec un manque de gluténine pour assurer une bonne levée du pain ; Sa structure vitreuse le rend difficile à moudre, il est préférable d'en faire de la semoule [18].

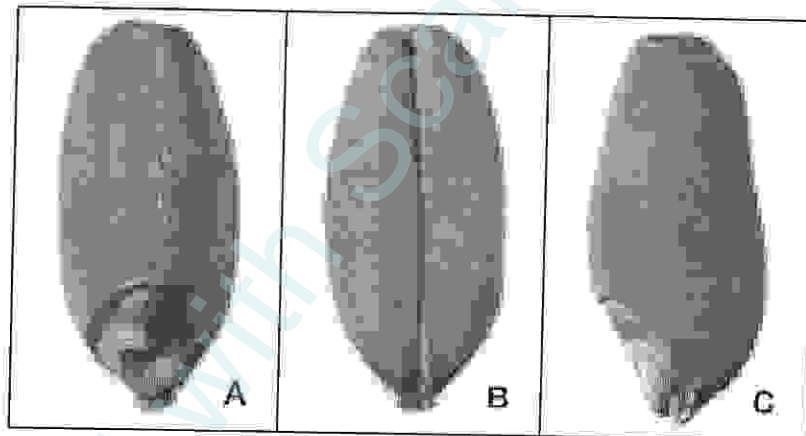


Figure 4 : Graine de blé *Triticum turgidum* ssp. *durum*  
A - vue dorsale, B- vue ventrale, C- vue latérale [3].

### 1-5-1- Appareil végétatif

L'appareil végétatif comprend l'appareil aérien et l'appareil racinaire :

#### 1-5-1-1- Appareil racinaire

Il est de type fasciculé, deux systèmes se forment au cours du développement de la plante :

- Système primaire (racines séminales) : ce système de racines fonctionne de la germination à la ramification de la plante c'est-à-dire au tallage.
- Système secondaire (racines adventives) : c'est un système de racines coronaires ou système de racines de tallage. Il se forme dès le tallage et se substitue parallèlement au système séminal (Oudjani , 2009).

### 1-5-1-2- Appareil aérien

L'appareil aérien est formé d'un certain nombre d'unités correspondantes aux talles, partant d'une zone à la base de la plante appelée plateau de tallage, chaque talle, après développement complet de la plante est formée de tige et de feuilles.

Le chaume du blé est une tige cylindrique, formée d'entre nœuds séparés par des nœuds plus ou moins saillants. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille.

La feuille du blé est simple, allongée, alternée et a nervures parallèles ; elle se compose de deux parties :

- La partie inférieure entourant la jeune pousse qui est la gaine ;
- La partie supérieure en forme de lame qui est le limbe (Oudjani , 2009).

### 1-5-2- Appareil reproducteur

L'inflorescence du blé est un épi. Ce dernier est constitué d'unités de base les épillets. L'épillet est une petite grappe de un à cinq fleurs enveloppées chacune par deux glumelles (inférieure et extérieure) La grappe est incluse entre deux bractées ou glumes, les fleurs sont attachées sur le rachillet.

Chaque fleur comporte en général 3 étamines et un ovaire. Les fleurs sont hermaphrodites, le blé est une plante autogame : le pollen d'une fleur pollinise l'ovaire de la même fleur (Anonyme (2002) cité in Oudjani, 2009).

### 1-5-3- Grain ou fruit

Le grain de blé est un caryopse. C'est un fruit sec indéhiscant.

Il est de couleur jaune-ambree à violacé selon l'espèce (blé dur ou blé tendre) et selon la variété.

Il présente une partie plane (ventrale) et une partie dorsale légèrement bombée. La base élargie contient le germe et le sommet est garni de petits poils (la brosse).

La partie ventrale est fendue par un sillon qui pénètre profondément dans le grain; cependant la partie dorsale présente une arête plus ou moins prononcée (Gondé (1968) cité in Oudjani, 2009).

La coupe longitudinale révèle de l'extérieur vers l'intérieur les parties suivantes : les enveloppes, le germe et l'albumen ou amande (Fig. 5) :



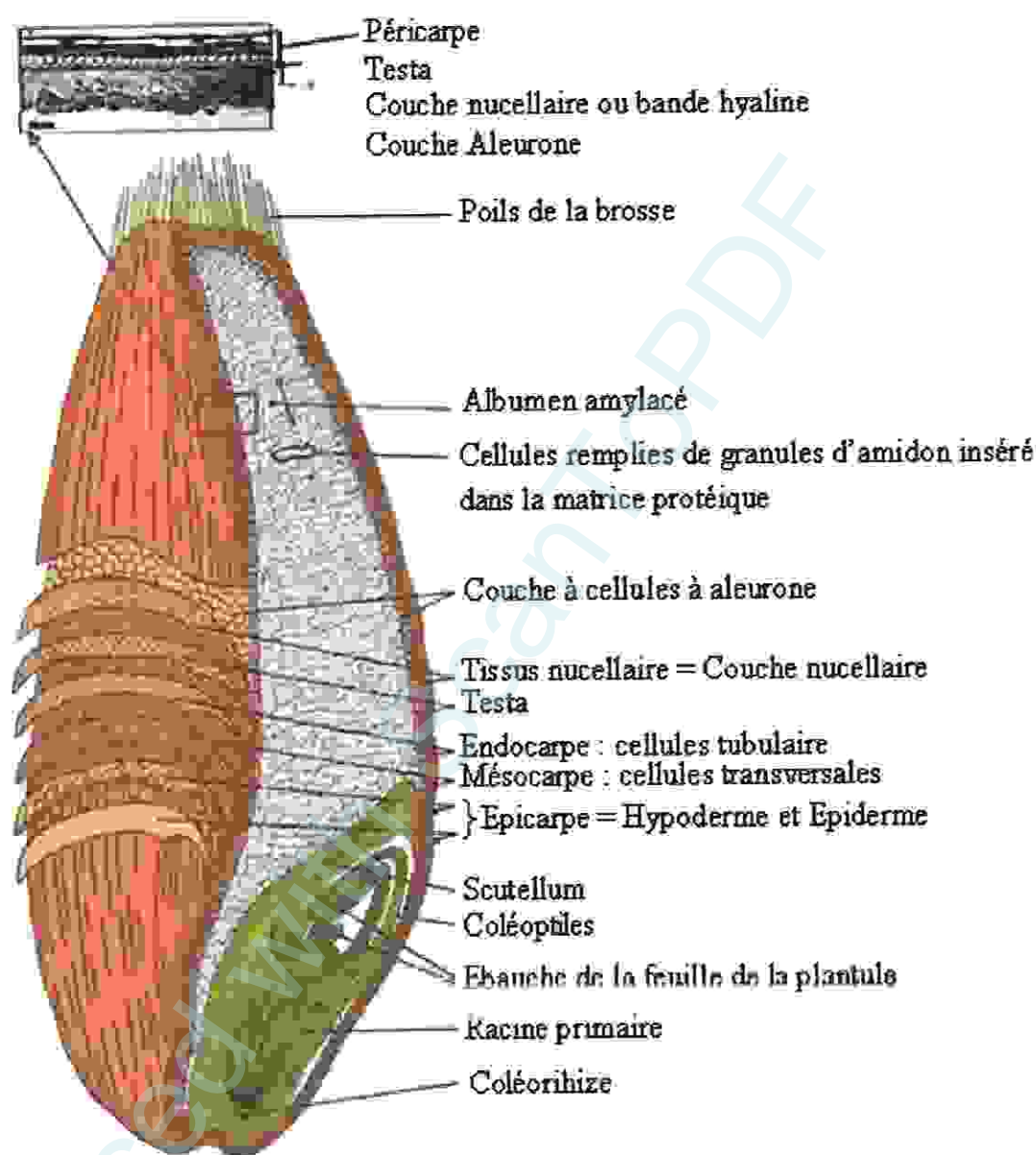


Figure 5 : Coupe longitudinale d'un grain de blé et vue agrandie (Beaugrand, 2004).

### 1-5-3-1- Enveloppes du fruit

Elles représentent 14 à 16 % du poids du grain. Elles sont constituées de l'extérieur vers l'intérieur

- Le péricarpe : parois de l'ovaire qui comprend l'épicarpe ; le mésocarpe et l'endocarpe.
- Le tégument : enveloppe qui comprend le tégument séminal et la bande hyaline.
- L'assise protéique : qui représente 60% du poids des enveloppes et constitué de cellules à aleurones, riches en protéines (Soltner, (1987) cité in Oudjani , 2009).

**1-5-3-2- Germe**

Très riche en matières grasses, matières azotées et vitamines A, E et B ; Il représente 2,5 à 3 % du grain et comprend :

- Le cotylédon ou scutellum, séparé de l'amande par une assise diastasiqne destinée à la digestion future de l'albumen au profit de la plantule.
- La plantule, avec sa gemmule recouverte d'un étui, le coléoptile, sa tigelle courte, et sa radicule, recouverte d'un étui, la coléorhize (Soltner (1987) cité in Oudjani, 2009).

**1-5-3-3- Albumen ou amande**

Il représente 83 à 85 % du poids du grain, est composé de 70% d'amidon et de 7% de gluten.

L'albumen joue un rôle essentiel dans la composition de la semence ; il sert de réserve et ne sera complètement utilisé qu'au moment de la germination (Guergah (1997) cité in Oudjani, 2009).

L'architecture générale de grain de blé est simplifiée dans la figure (Fig 6).

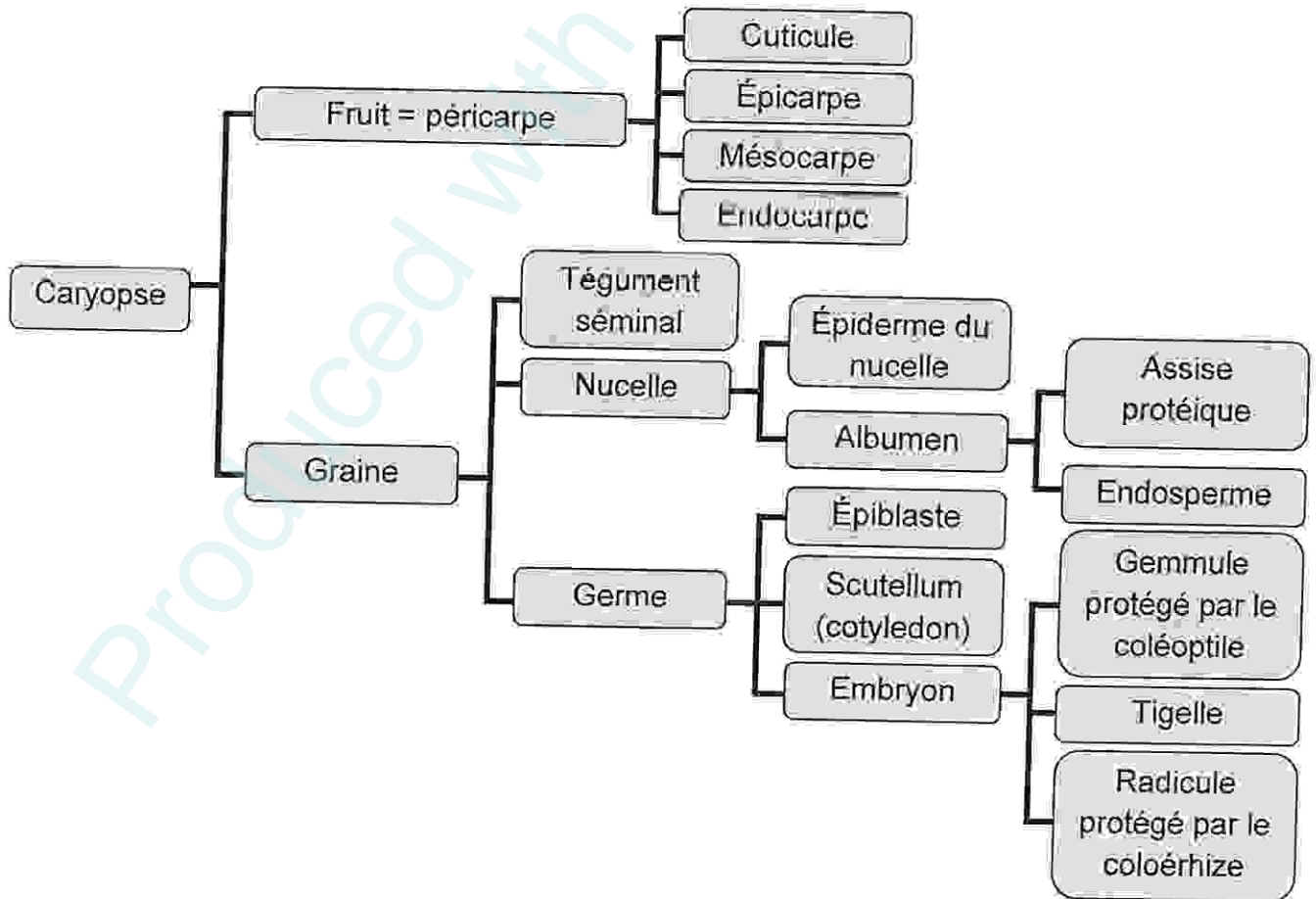


Figure 6 : Structure générale de grain de blé (Lestienne, 2004).

## 1-6- Composition biochimique du grain de blé

Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe (Derbal , 2009) .

Le grain de blé est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéine (10 à 15% selon les variétés et les conditions de culture) et de pentosanes (8 à 10%) (Tab. 4) ; les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques % seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (Feillet, 2000).

**Tableau 4 :** Composition biochimique du grain de blé (Feillet, 2000).

Nature de composant	Teneur (% ms)
Amidon	67 - 71
Protéines	10 - 15
Pentosanes	8 - 10
Cellulose	2 - 4
Sucres libres	2 - 3
Lipides	2 - 3
Matière minérale	1,5 - 2,5

### 1-6-1- Eau

L'eau est toujours présente dans le grain, à une teneur plus ou moins grande.

Du point de vue chimique et physique, son action solvante favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil [24].

### 1-6-2- Glucides

Selon leur degré de polymérisation les glucides peuvent être classés en : monosaccharides (sucres), oligosaccharides (dextrines) et polysaccharides (polymères)

Ils constituent la fraction pondérale la plus importante des grains de céréales (77 à 87% de leur matière sèche) (Lestienne, 2004).

#### 1-6-2-1- Sucres solubles

Les sucres solubles sont présents dans les céréales à raison de 1 à 4%, principalement sous forme de saccharose et de sucres réducteurs.

Le monosaccharide le plus abondant est le D-glucose qui est constitutif de l'amidon, la cellulose et les  $\beta$ -D-glucanes.

Les pentoses les plus abondants sont le D-xylose et le D-arabinose en raison de leur présence dans les polymères constitutifs des parois cellulaires (Lestienne, 2004).



### 1-6-2-2- Amidon

L'amidon est le composant essentiel du grain de blé ; C'est une substance de réserve stockée dans les cellules de l'albumen du grain qui représente 65-70% (environ  $\frac{3}{4}$  de M.S.) ; Chimiquement l'amidon est un polymère de glucose. Il se présente sous deux formes: l'amylose et l'amylopectine (Fig. 7) La qualité de l'amidon dépend du rapport amylose/amylopectine (Gibson *et al.* (1997) cités in Derbal, 2009).

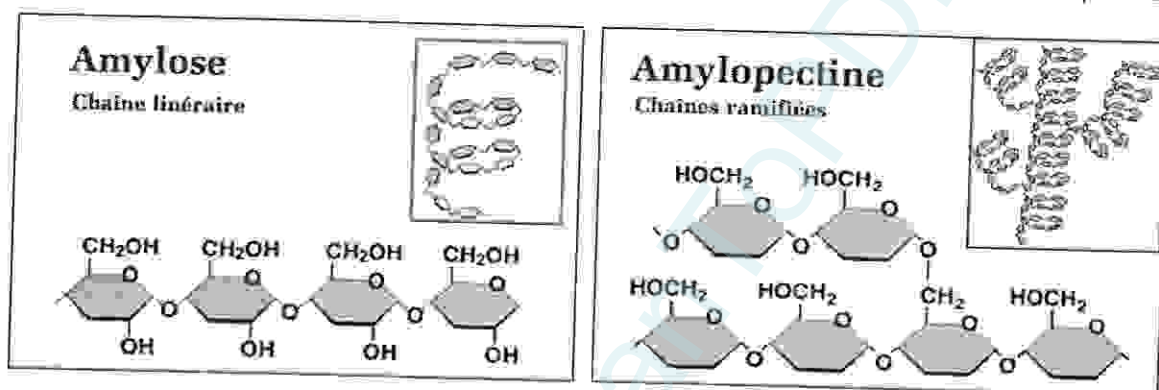


Figure 7 : Amylose et amylopectine deux constituants de l'amidon [20].

Les propriétés physico-chimiques de l'amidon influent sur la texture des préparations alimentaires.

L'absorption d'eau croît avec la température et les granules d'amidon éclatent, ce qui permet la solubilisation de l'amylose et de l'amylopectine pour former une solution colloïdale, c'est la gélatinisation.

Les températures de début et de fin de gélatinisation sont respectivement de 60-63°C et 68-70°C.

Au refroidissement, l'amidon gélatinisé tend à revenir d'un état soluble, dispersé et amorphe à un état cristallin insoluble ; Ce phénomène est connu sous le nom de rétrogradation et il est d'autant plus marqué que la température est basse et la concentration en amidon élevée, la teneur en amylose, qui a une plus grande tendance à la rétrogradation (Lestienne, 2004).

### 1-6-2-3- Fibres

Les fibres alimentaires sont la somme de la lignine et des polysaccharides qui ne sont pas hydrolysés par les enzymes endogènes du tube digestif de l'homme, les constituants des fibres les plus abondants dans les céréales sont la cellulose, les hémicelluloses, la lignine, les pectines et les gommes (pentosanes)

On réserve le terme de pentosanes aux composés solubles dans l'eau alors que les pentosanes insolubles sont cités sous le nom d'hémicelluloses (Lestienne, 2004).

1-6-3- Protéines

Le grain de blé dur est constitué d'environ 12% de protéines, qui sont essentiellement localisées dans l'albumen et la couche à aleurone ; Cette teneur est susceptible de varier (de 8 à 20% de MS), en fonction des variétés, des facteurs climatiques, agronomiques et des conditions physiologiques de développement de la plante, des parties histologiques du grain et de la maturation du grain.

La teneur en protéines est un facteur déterminant des propriétés rhéologiques et culinaires des semoules ; Elles sont responsables de la qualité des pâtes alimentaires à 87% (Liu et al.(1996) cités in Derbal , 2009).

Les uns des protéines de blés appelées « gluten » c'est un polymère formé de gliadines et de gluténines, et considéré comme un matériel viscoélastique (Feillet, (2000) cité in Hamel, 2010 ).

L'élasticité et la ténacité du gluten sont généralement des propriétés attribuées à la présence des gluténines alors que sa viscosité est associée aux gliadines .

En 1924, Osborne propose une classification (Tab. 5) devenue classique basée sur la solubilité des protéines de réserve dans une série de solvants, les albumines solubles dans l'eau, les globulines solubles dans les solutions salines, les prolamines solubles dans les mélanges hydro-alcooliques, et les gluténines qui sont solubles dans des solutions basiques ou acides (Hamel, 2010).

Tableau 5 : Classification des protéines du blé selon Osborne [22].

Classement d'après OBSORNE	CLASSEMENT DES PROTEINES DU FROMENT			
	Protéines solubles		Protéines insolubles	
Nom protéine	Albumines	Globulines	Gliadines	Gluténines
Solubilité	dans l'eau	dans l'eau salée	dans l'éthanol aqueux	dans solution acides ou basiques
% dans protéines blé	15 à 20 %		35%	45%
Fonction naturelle	Protéines pour le métabolisme de la graine		Protéines de réserve (pour la future plante)	
Poids moléculaire	+/-5.000 à 90.000 daltons		+/- 25.000 à 75.000 daltons	+/- 100.000 à plusieurs millions daltons
Teneur en Lys	4,2	7,5	1,7	3,1
Teneur en THR	3,8	4,2	0,4	3,3
D'après nouveau classement			Oméga gliadine Prolamines à HPM** pauvres en soufre	Alpha & Gamma gliadine Gluténine à FPM* Gluténine à HPM** Prolamines riches en soufre

Les teneurs en LYS (lysine) et THR (thréonine) indique une certaine valeur alimentaire dans le sens où ces deux acides aminés essentiels qui agissent sur le facteur limitant l'assimilation des autres, ce sont respectivement les facteurs limitant primaire et secondaire.  
\*FPM=Faible Poids Moléculaire \*\*HPM=Haute Poids Moléculaire



En 1986, Shewry a proposé une autre classification basée sur le degré de polymérisation et sur la teneur en acides aminés soufrés des protéines insolubles :

- Les gliadines forment la famille des prolamines monomériques de teneur variables en soufre.
- Les prolamines pauvres en soufre et les prolamines riches en soufre.
- Egalement les glutélines riche en soufre sont regroupées dans la famille des prolamines polymériques constituent les sous unités de faible et de haut poids moléculaire (Hamel, 2010).

### 1-6-3-1- Composition en acides aminés

La qualité d'une protéine est essentiellement fonction de sa composition en acides aminés essentiels.

Les prolamines et les gluténines sont les protéines de stockage du grain ; Les prolamines de toutes les céréales ont la particularité d'être pauvres en acides aminés essentiels tels que la lysine, la méthionine et le tryptophane, tandis que les gluténines ont une répartition en acides aminés plus variables (Tab. 6)

Les albumines et les globulines, en revanche, sont, entre autre, riches en lysine, histidine et arginine (Lestienne, 2004).

**Tableau 6 :** Composition en acides aminés des protéines du blé (nombre de résidus pour 100) (Feillet, 2000).

Acide aminés	Blé	Albumine	Globuline	Gliadine	Gluténine
Tryptophane	1,5	1,1	1,1	0,7	2,2
Lysine	2,3	3,2	5,9	0,5	1,5
Histidine	2	2	2,6	1,6	1,7
Arginine	4	5,1	8,3	1,9	3
Acide aspartique	4,7	5,8	7	1,9	2,7
Thréonine	2,4	3,1	3,3	1,5	2,4
Sérine	4,2	4,5	4,8	3,8	4,7
Acide glutamique	30,3	22,6	15,5	41,1	34,2
Proline	10,1	8,9	5	14,3	10,7
Glycocolle	3,8	3,6	4,9	1,5	4,2
Alanine	3,1	4,3	4,9	1,5	2,3
Cystéine (1/2)	2,8	6,2	5,4	2,7	2,2
Valine	3,6	4,7	4,6	2,7	3,2
Méthionine	1,2	1,8	1,7	1	1,3
Isoleucine	3	3	3,2	3,2	2,7
Leucine	6,3	6,8	6,1	6,2	6,8
Tyrosine	2,7	3,4	2,9	2,2	3,4
Phénylalanine	4,6	4	3,5	6	4,1



**1-6-3-2- Propriétés spécifiques des protéines de réserve du blé**

Il est admis que les gliadines sont responsables de la composante visqueuse du comportement rhéologique des pâtes et les gluténines de leurs composantes élastiques

• **Gliadines**

Représente 45 % du gluten [14], très extensible quand elles sont hydratées, (les gliadines qui posséderaient des propriétés plastifiantes) confèrent à la pâte son extensibilité, sa viscosité et sa plasticité, la teneur en protéines est en effet corrélée à ce caractère.

Dans le blé dur, la relation positive trouvée dans entre la présence de la  $\alpha$ - gliadines 45 (locus Gli-B1) et la force du gluten, elle-même reliée à la fermeté des pâtes cuites, s'explique par une liaison entre cette protéine et les SG-FPM placées sous le contrôle des gènes localisés sur le locus voisin Glu-B3 (Hamel, 2010).

• **Gluténines**

La ténacité et l'élasticité de la pâte s'expliquent par les propriétés très particulières des gluténines.

Les agrégats de très haut poids moléculaire seraient les plus fonctionnels, de sorte que la détermination de la teneur totale en polymères protéiques n'aurait d'intérêt que si elle était complétée par une mesure de la distribution par taille de ces polymères.

Au dessous d'un certain niveau d'agrégation, ces polymères ne contribueraient pas à la force de la pâte (Feillet (2000) cité in Hamel, 2010).

**1-6-4- Lipides**

L'étude des lipides présents dans les céréales est complexe en raison de la grande diversité de composés lipidiques existants et de la grande variabilité de composition d'une céréale à une autre et d'une partie du grain à une autre (Tab. 7) (Lestienne, 2004).

**Tableau 7 : Composition en lipides du blé (Feillet, 2000).**

Fraction du grain	Lipides totaux (%ms)	% Lipides totaux			
		Lipides non polaires	phospholipides	glycolipides	Acides gras libres
Grain entier	1,5 - 3,5	44 - 80	6 - 40	8 - 21	21
Péricarpe	0,5 - 1,5	38	32	30	
Couche à aleurone	6 - 18	72 - 83	14 - 18	2 - 10	
Germe	10 - 30	80 - 85	14 - 17	0	1 - 2
Amidon	0,8 - 1,2	4 - 6	1,5 - 6,5	90 - 95	2,5 - 3,5
Son	4,5 - 6	80		10	

Les principales matières grasses du blé, du germe et de la farine sont des acides gras (acides palmitique, stéarique, oléique, linoléique et linoléique), des glycérides simples (principalement des triglycérides, mais également des mono-et des diglycérides), des glycolipides (galactoglycérides) et des phospholipides (Feillet, 2000). (Tab. 8)

**Tableau 8 :** Composition en acides gras des lipides du blé, du germe et de l'albumen (% acides gras totaux) (Feillet, 2000).

Acides gras		Grain entier	Germe	Albumen
<b>• Acides gras saturés</b>				
Myristique	(C14 : 0)	Traces	-	-
Palmitique	(C16 : 0)	25	19	18,0
Stéarique	(C18 : 0)	1	0,5	1
<b>• Acides gras insaturés</b>				
Palmitoléique	(C16 : 1)	1	0,5	1
Oléique	(C18 : 1)	12	17	20
Linoléique	(C16 : 2)	55	57	56
Linoléique	(C16 : 3)	4	5	3
Autres et insaponifiables		2	1	1

Elles sont inégalement distribuées dans le grain : le germe et la couche à aleurone en sont particulièrement riches ; l'albumen amylicé contient la plus grande part des lipides polaires du grain (82% des lipides de grain se retrouve dans l'albumen, 15% dans les sons et 3% dans le germe). Les lipides des enveloppes contribuent à la structure des parois cellulaires (Feillet, 2000).

#### 1-6-5- Minéraux

Les phosphates et sulfates de potassium, magnésium et calcium représentent environ 95% des minéraux contenus dans les céréales (Tab. 9) ; Une grande partie du phosphore est présente sous forme d'acide phytique (Lestienne, 2004).

Il est toutefois délicat de comparer les teneurs en minéraux de différentes espèces car la composition en sels minéraux d'une espèce de céréale est extrêmement variable d'une variété à l'autre, ou même, d'une récolte à l'autre, ou encore d'un champ à l'autre sur une même récolte (Lestienne, 2004).

**Tableau 9 :** Composition minérale de blé (Lestienne, 2004).

	Teneurs en minéraux (en mg/100g)								
	P	K	Mg	Ca	Na	Fe	Zn	Mn	Cu
Blé	288	363	126	29	2	3,2	2,7	4,0	0,43



### 1-6-6- Vitamines

Les vitamines ont un intérêt nutritionnel majeur ; Les céréales contiennent surtout de la thiamine (B1), de la riboflavine (B2) et de la niacine (B3 ou PP), mais aussi d'autres vitamines comme la pyridoxine (B6), l'acide pantothénique (B5) ou la vitamine E ( $\alpha$ -tocophérol) (Tab. 10) (Godon et Laignelet (1991) cités in Lestienne ,2004).

Comme pour les teneurs en minéraux, les teneurs en vitamines des différentes espèces de céréales sont donc difficilement comparables étant donné qu'elles sont variables d'une variété à l'autre et, pour certaines, étroitement liées aux conditions environnementales (Lestienne ,2004).

**Tableau 10** : Composition en vitamines de blé (Lestienne ,2004).

	Teneurs en vitamines (en mg/100g)						
	B1	B2	B3	B5	B6	B9	E
Blé	0,38	0,12	5,47	0,95	0,30	38,2	1,00 c

### 1-6-7- Facteurs antinutritionnels

#### 1-6-7-1- Inhibiteurs d'enzymes digestives

Toutes les graines végétales contiennent des inhibiteurs enzymatiques qui diminuent l'activité des enzymes digestives.

Les plus néfastes sont les inhibiteurs trypsiques, mais il existe également des inhibiteurs d'amylases (Besançon, (1994) cité in Lestienne ,2004).

#### 1-6-7-2- Phytates

Les phytates (sels d'acide phytique) représentent une catégorie de composés naturels pouvant avoir une influence notable sur les propriétés fonctionnelles et nutritives des aliments d'origine végétale (Tab. 11) (Lestienne ,2004).

#### 1-6-7-3- Polyphénols

Les tanins sont des composés polyphénoliques qui se subdivisent en deux groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Tab. 11)

Ces tanins jouent un rôle en tant que produits chimiques de défense et protègent la plante contre les attaques, mais si les tanins confèrent un avantage agronomique, il a été constaté qu'ils avaient des effets négatifs sur la qualité nutritionnelle des grains (Lestienne ,2004).

**Tableau 11** : Teneurs en phytates et polyphénols dans le blé (Lestienne ,2004).

	Phytates (%)	Polyphénols (%)
Blé	0,3 - 0,4	0,4 c



## 1-7- Distribution histologique des composants chimiques

Ces constituants se répartissent de manière inégale au sein des différentes fractions histologiques du grain (Fig. 8) [33].

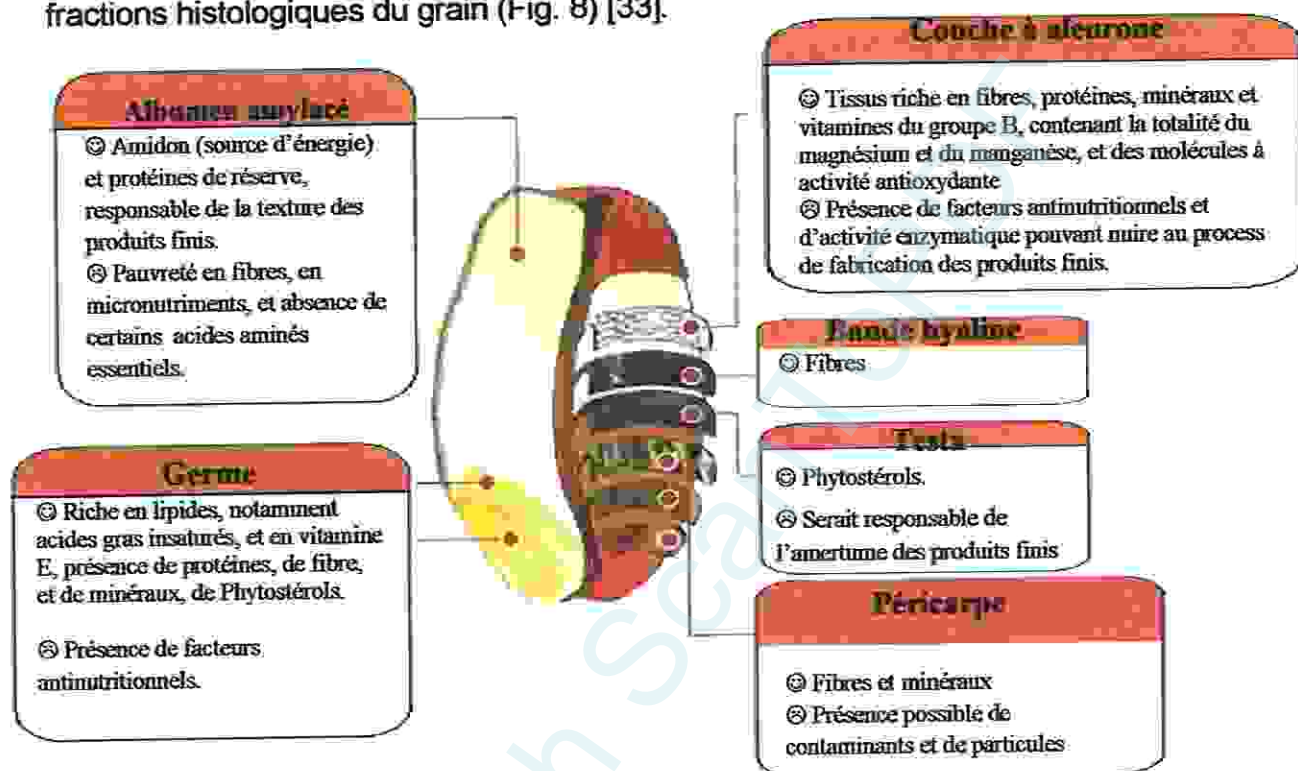


Figure 8 : Répartition des composants chimiques dans les différents tissus du grain de blé [16].

L'amidon se trouve en totalité dans l'albumen amylicé, les teneurs en protéines du germe et de la couche à l'aleurone, les pentosanes sont particulièrement élevées ; Les matières minérales abondent dans la couche à aleurone, les pentosanes sont les constituants dominants de cette dernière et du péricarpe, les lipides voisinent ou dépassent les 10% dans le germe et dans la couche à aleurone (Tab. 12) [33].

Tableau 12 : Distribution histologique des principaux constituants chimiques du grain du blé (Feillet, 2000).

	Grain		Péricarpe <sup>(1)</sup>		Aleurone		Albumen		germe	
	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	%T	%G	%T
<b>Protéines</b>	13,7	10	4,4	30	15,3	12,0	73,5	31	6,8	
<b>Lipides</b>	2,7	0	0	9	23,6	2	62,9	12	13,5	
<b>Amidon</b>	68,9	0	0	0	0	82	100	0	0	
<b>Sucres réducteurs</b>	2,4	0	0	0	0	1,8	62,7	30	37,3	
<b>Pentosanes</b>	7,4	43	35,1	46	43,8	1,6	18,3	7	2,9	
<b>Cellulose</b>	2,8	40	87,1	3	7,6	0,1	3,1	2	2,2	
<b>Minéraux</b>	1,9	7	22,6	12	43,6	0,5	22,6	6	9,7	

%G = % du constituant dans le grain ; %T=% du constituant dans le tissu ; (1) % du tissu dans le grain.

DE LEURS PRODUITS

CARACTÉRISTIQUES

ET

DES BLES DURS

TRANSFORMATION

Chapitre 2



## 2-1- Processus de transformation du blé dur

La figure (Fig. 9) montre les phases de transformation de blé dur dès sa réception comme matière première.

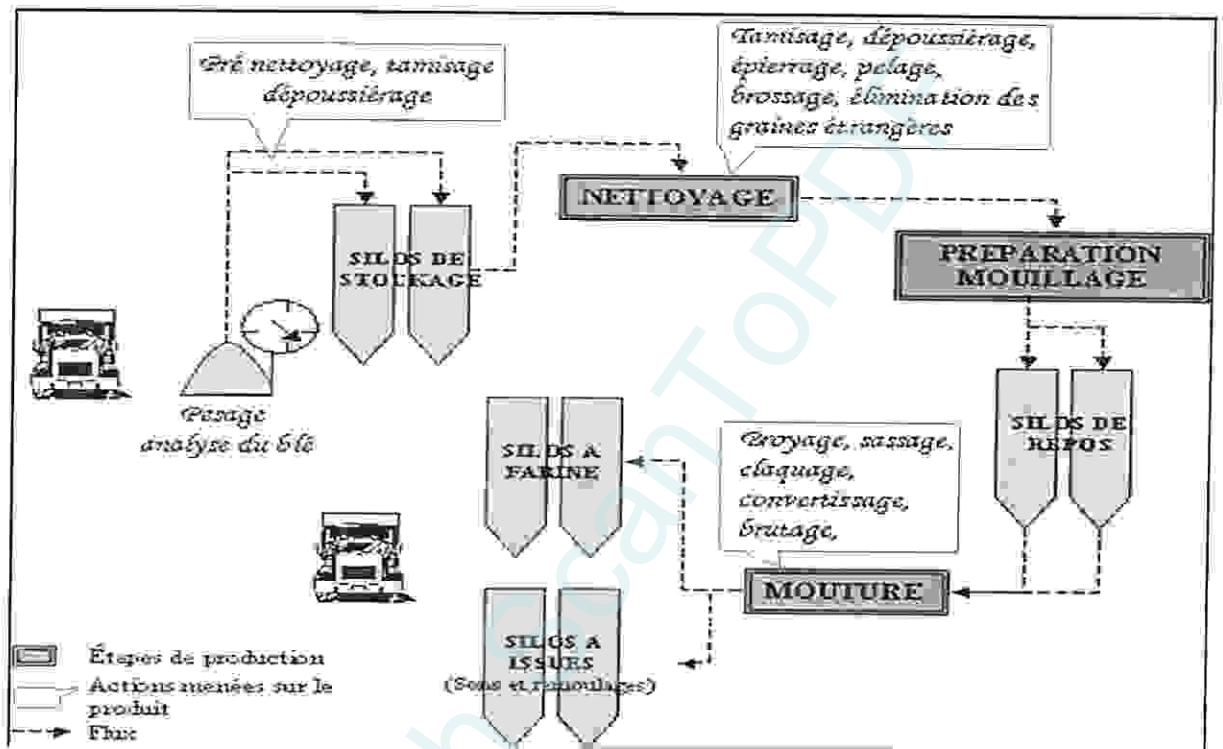


Figure 9 : Processus de transformation du blé.[41]

### 2-1-1- Réception des matières premières

A l'arrivée du blé dur aux moulins, les camions passent par le pont bascule où la quantité reçue sera pesée puis versée dans une trémie pour retenir les grosses impuretés telles que cailloux, bois, paille, etc.

Ensuite, le blé est transmis vers les silos de stockage par le biais des transporteurs et élévateur à godets. [34]

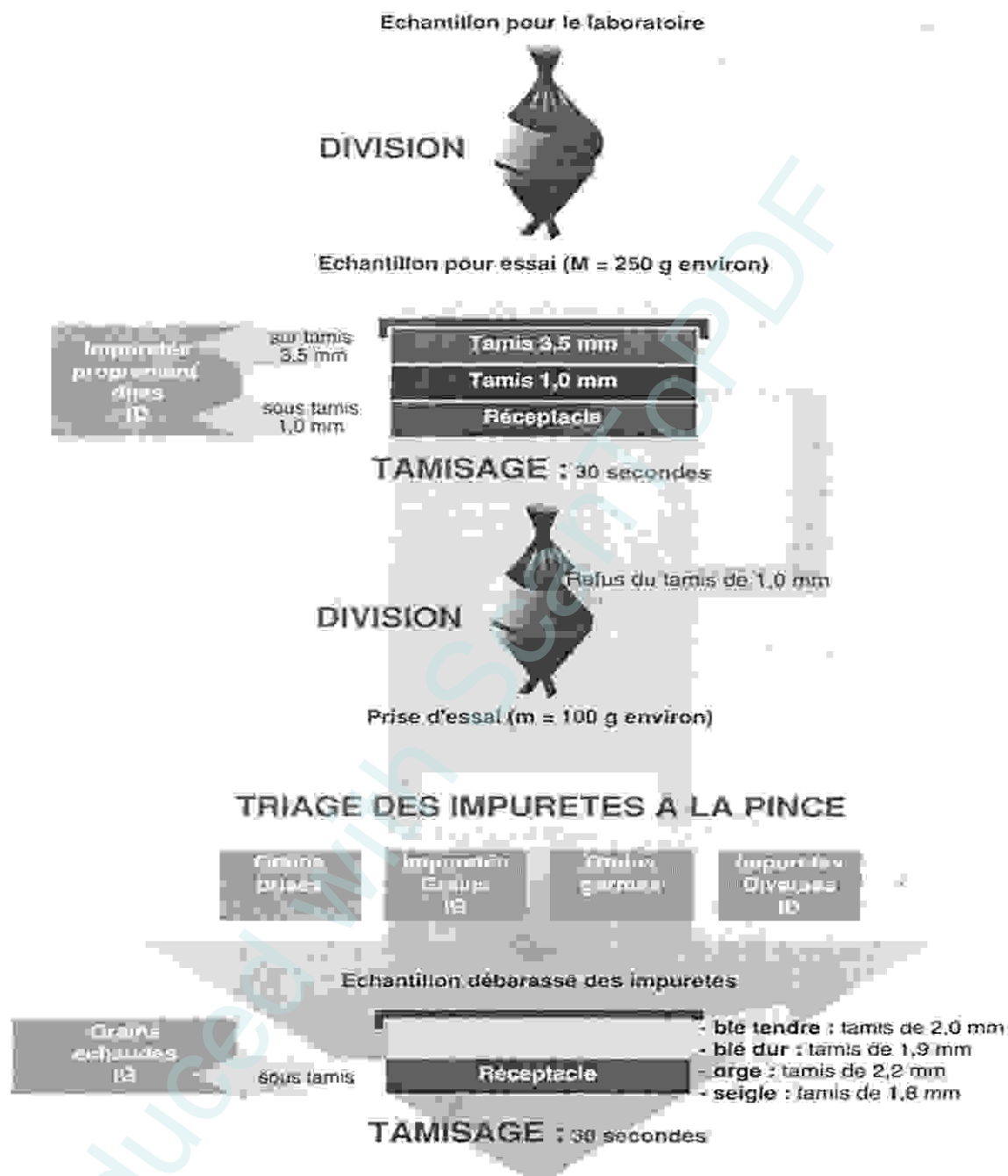
### 2-1-2- Phase de pré-nettoyage

Le pré-nettoyage a pour but d'éliminer les gros refus issus du déchargement avant le stockage du blé dans les silos de réception et de mélange par le biais de différents appareils. [34]

### 2-1-3- Nettoyage

Le diagramme de nettoyage (Fig.10), constitue une partie très importante, puisqu'il détermine la qualité du blé qui servira à la mouture ; Cela permettra de déterminer, à la fin de cette phase, le taux d'impureté et donc de sélectionner les sources d'approvisionnement en ce qui concerne les matières premières. [34]





**Figure 10 :** Recherche des impuretés ; Blé dur Mode opératoire réglementaire selon l'annexe III du règlement 824/2000. (I.T.C.F., 2001)

#### 2-1-4- Conditionnement

Il vise à modifier l'état physique des grains, de manière à permettre par la suite la meilleure séparation possible au cours de la mouture entre l'albumen amylicé d'une part et les enveloppes, la couche à aleurone et le germe d'autre part.

Le conditionnement repose sur le traitement des grains par de l'eau ou par une action combinée de l'humidité et de la chaleur. [34]

#### 2-1-4-1- Premier mouillage

Le blé issu du nettoyage à sec possède une humidité initiale ( $H_i$ ), passe par le premier mouilleur intensif où il reçoit  $2/3$  de l'eau qu'il faut ajouter, puis il est déchargé dans une cellule de repos [34].

- **Temps de repos**

Il représente le temps nécessaire pour la distribution de l'eau à l'intérieur du grain vu que pendant l'humidification de blé, une partie de l'eau incorporée est immédiatement absorbée par le grain [34].

#### 2-1-4-2- Deuxième mouillage

Le blé extrait de la cellule du premier repos passe par le deuxième mouilleur intensif, où on ajoute le dernier  $1/3$  de la quantité d'eau qu'il faut incorporer au blé [34].

- **Deuxième temps de repos**

Après le deuxième mouillage le blé est déchargé dans une cellule du deuxième cellule repos[34].

#### 2-1-4-3- Nettoyages humides du blé

Après conditionnement, le blé est transporté vers une brosse verticale, où on élimine les enveloppes lâches et les impuretés adhérant au grain [34].

#### 2-1-5- Mouture

Le procédé de mouture repose dans son principe sur l'existence de différences d'élasticité et de friabilité entre les parties périphériques du grain et l'amande [34].

Il existe plusieurs étapes de la mouture :

##### 2-1-5-1- Broyage

C'est la première opération de la mouture et a pour but d'écraser les grains et les fractions contenant plus d'enveloppe que d'amande [39].

Il est réalisé par compression entre deux cylindres métalliques cannelés tournant en sens inverse et à des vitesses différentes [34].

##### 2-1-5-2- Désagrégage

En éliminant les fragments de son qui adhèrent à l'amande.

Ce sont des appareils à cylindres munis de très fines cannelures qui interviennent dans le traitement des semoules vêtues (semoules refusées au niveau du sasseur) en éliminant les fragments de son qui adhèrent à l'amande [34].

### 2-1-5-3- Claquage et convertissage

Se sont les deux phases de réduction des produits provenant du broyage. Ils sont destinés à réduire les particules de la série blanche.

Les claqueurs et les convertisseurs sont des appareils à cylindres lisses [39].

### 2-1-5-4- Sassage

C'est une opération intermédiaire entre le broyage et la première phase de réduction des produits de claquage [39].

Il a pour rôle de compléter le classement des produits préalablement effectués sur le plansichter en vue de les répartir suivant leur grosseur [34], et de purifier et classer les produits allant au claquage [39].

Il est à noter que le produit fini, issu des sasseurs, va vers les vis de récolte puis ensuite vers les silos de stockage des produits finis [34].

### 2-1-5-5- Curage du son

C'est une opération qui consiste à réduire au maximum la quantité de l'amande adhérent à la face interne des enveloppes (grâce à des brosses à son) [39].

### 2-1-5-6- Blutage

Cette opération permet la séparation des produits de mouture selon leur grosseur après des passages successifs dans un appareil à cylindre [34].

L'appareil le plus souvent utilisé dans cette opération est le « Plansichter » [39].

### 2-1-6- Etape ensachage

Représente l'opération finale. Les produits finis passent dans d'autres appareils où ils sont pesés et mis dans des sachets, selon des techniques de pointe, prêts à être stockés ou livrés directement aux clients [34].



## 2-2- Produits issus de transformations de blé dur

### 2-2-1- Produits issus de la première transformation de blé dur

#### 2-2-1-1- Semoule

La semoule (du latin simila, fleur de farine) ; Fragments plus ou moins gros de grains de céréales, principalement de blé dur, obtenus par mouture des grains humidifiés, suivie de séchage et de tamisage.

La semoule est fabriquée à partir de l'amande du grain de blé après que son et germe aient été éliminés ; on distingue :

- *Semoule "supérieure"* : elle résulte du broyage de la partie centrale de l'amande du grain de blé.
- *Semoule "courante"* : elle contient davantage de parties périphériques du grain[31].

Et selon son utilisation on a :

- *SSSSE (Semoule Super Sasse Super Extraite)* : destinée à la fabrication des pâtes alimentaires de haute qualité.
- *SSSE (Semoule Sassée Sur Finisseur Extra)* : semoule ordinaire destinée à la fabrication des pâtes alimentaires moyennes.
- *SSSF (Semoule Sassée Sur Finisseur)* : semoule très fine (semoulette), a un aspect farineux, elle a fait l'objet de plusieurs recherches dont le but de son incorporation dans farine panifiable [39].

On distingue différentes semoules consommées en Algérie :

- *Semoule SE* : appelée aussi semoule extra, ses particules sont fines, elle présente une granulométrie dont le refus au tamis 120 est de 90% ; Cette semoule est orientée vers la fabrication des pâtes alimentaires industrielles.
- *Semoule SGM* : appelée semoule moyenne, elle présente un refus au tamis 100 de 90%. Cette semoule est généralement vendue en l'état pour l'utilisation ménagère (couscous, galette, biscuits, crêpes, etc.) et pour la fabrication du couscous industriel de type moyen.
- *Semoule SG* : la semoule grosse doit avoir un refus de 50% au tamis 30 et 40. Cette semoule est destinée essentiellement à la fabrication du couscous type gros [10].

### 2-2-1-2- Farine

C'est le principal produit de la mouture de particules très fines de l'amande de grains [39].

### 2-2-1-3- Finots

Semoules très fines et très pures qui proviennent des passages de broyage[39].

### 2-2-1-4- Gruaux

Produits analogues aux finots obtenus lors de la réduction des semoules en tête de claquage et de convertissage [39].

### 2-2-1-5- Issues

Produits finis autres que la farine, on distingue :

- *Sons* : Constitués par les enveloppes du grain et une certaine partie de l'amande adhérente à la phase interne de ces enveloppes, selon leur taille on a les gros sons et les sons fins [39].
- *Remoulages* : Comprennent un mélange d'enveloppes plus ou moins finement broyé et d'amande farineuse. Les remoulages blancs qui sont les plus fins et riches en farine qui représentent l'issu recueilli en fin de convertissage
- *Farines basses* : Couleur bise, trop piquées, correspondant aux farines obtenues en faible quantité à la fin du claquage et convertissage. Suivant le taux d'extraction désiré, ces farines peuvent être extraites à part [39].

## 2-2-2- Produits issus de la deuxième transformation de blé dur

### 2-2-2-1- Pâtes alimentaires

Les « pâtes alimentaires » ou les « pâtes » est un terme général pour un grand nombre de produits fabriqués à base de pâte sans fermentation.

En plus, elles peuvent être conservées facilement et longtemps ; Les pâtes alimentaires constituées de semoule de blé dur ou de farine de blé tendre auxquelles on ajoute de l'eau et on soumet cette pâte à des transformations mécaniques telles que mélange, pétrissage, extrusion et séchage [40].

### 2-2-2-2- Galette (Kesra/pain Algérien)

La kesra est le pain Algérien de tous les jours. contrairement akhoubz edar qui , lui, est cuit au four, celui la est mis a cuire sur un tajine en terre , place' sur la gazinière.

Il ya plusieurs sortes de kesra, les méthodes et les appellations différent d'une région a une autre : le matlou, et la kesra rakhsis...etc [2].



### 2-2-2-3- Couscous

Les couscous est un aliment constitué de grains de semoule blé dur roulés mesurant un millimètre environ et pré-cuit à la vapeur puis séchés ; On utilise généralement pour la fabrication de semoule, le blé dur (*triticum durum*).

Au cours de la fabrication traditionnelle, la semoule est aspergée d'eau, ensuite roulée avec les mains pour former de petites boulettes qui sont saupoudrée de semoule sèches afin de les garder séparées ; Les boulettes sont ensuite tamisées, les grains passés au travers du tamis sont de nouveau aspergés puis roulés en boulettes et enfin tamisées.

Le processus se poursuit ainsi jusqu'à ce que la semoule soit complètement transformée en couscous ; Les grains de couscous séchaient finalement au soleil [17].

### 2-3- Caractères technologiques de grains de blé dur

La filière blé dur dispose aujourd'hui de nombreux tests fiables d'appréciation de la qualité. Toutefois cet ensemble de mesures est évolutif et son enrichissement progressif vient de la créativité des chercheurs et de nouveaux besoins exprimés par les industriels. C'est la raison pour laquelle les partenaires de la filière se sont accordés sur différentes mesures, analyses et tests, dont la mise en application permet une évaluation globale donnant satisfaction.

La notion de « qualité » de blé dur est très complexe. Sa définition dépend à la fois des variétés, des conditions de culture, de l'interaction entre génotype-milieu et de la valeur nutritionnelle (Liu *et al.* (1996) cité in Derbal , 2009).

L'annexe B montre l'ensemble des normes qui commande ces caractéristiques pour le blé dur : norme codex pour le blé et le blé dur (CODEX STAN 199-1995) et pour la semoule de blé dur : norme codex pour la semoule et la farine de blé dur (CODEX STAN 178-1991).

Le blé et la semoule sont utilisés comme suit:

- Le semoulier recherche des variétés à poids spécifique élevé car les unités de transformation se basent sur ce paramètre pour triturer le blé (Feuillet et Dexter, 1996).
- Le pâtissier recherche des semoules pures et non contaminées par le son.
- La ménagère recherche des semoules pures et de couleur ambrée. Cette semoule de qualité supérieure doit présenter une granulométrie homogène et une bonne teneur en gluten (Derbal , 2009).



### 2-3-1- Poids à l'hectolitre ou spécifique

Le poids à l'hectolitre (poids spécifique) est la masse en kg de 100 litres (M.S.D.A, 2004). C'est la masse d'un hectolitre de grains avec impuretés ; [39] ; le résultat est exprimé en kilogrammes par hectolitre (kg/hl) sans référence à la teneur en eau [27].

Il peut varier de 60 à 80 kg [39] et doit être supérieur à 76 kg/hl. En dessous de ce seuil, l'agriculteur prend des pénalités sur le prix d'achat (C.R.E.A.B, 2008).

Plus un blé est lourd par unité de volume, plus son rendement en farine extraite est grand.

Selon la norme AFNOR NF V 03-719. septembre 1996 (Céréales - Détermination de la masse volumique, dite " masse à l'hectolitre"); Le poids à l'hectolitre est déterminé à partir d'un échantillon d'un litre à l'aide d'un appareil [39] le Niléma litre avec une quantité minimale de 2 kilogrammes de grains (I.T.C.F., 2001).

### 2-3-2- Poids de mille grains

C'est la masse de 1000 grains entiers exprimée en gramme [39].

Le poids de mille grains permet de déterminer le poids moyen des grains en pesant mille.

Dans le cas du blé normal, le poids de mille grains varie entre 30 et 40 g (M.S.D.A, 2004).

La détermination de la masse de 1000 grains est basée sur le comptage des grains d'une prise d'essai de 30 g après élimination des impuretés et de grains cassés. [39] ; les résultats sont exprimé comme masse de 1000 grains tels quels et masse de 1000 grains sec après la détermination de la teneur en eau des grains préalablement (I.T.C.F., 2001).

Connaître la masse de 1000 grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes que la plante a pu rencontrer pendant son développement (échaudage, attaques par les insectes ou par les maladies) [7] . Le PMG dépend de la variété et des conditions de nutrition hydrique et minérale en fin de cycle (C.R.E.A.B, 2008).

- PMG est très élevé lorsqu'il est supérieur à 45g
- PMG est élevé lorsqu'il se trouve entre 35g-45g
- PMG est moyen lorsqu'il est situe entre 30g-35g
- PMG est faible lorsqu'il est inférieur à 30g (Boufnar-zaghouane et zaghouane, 2006).

### 2-3-3- Taux de mitadinage

Les grains mitadinés (grains amyliacés, ou amidonnés) constituent un des principaux facteurs de classement commercial du blé dur.

Les grains mitadinés sont importants, parce qu'ils sont moins riches en protéines et plus mous que les grains vitreux (Dexter et Edwards, 1998).

On entend par taux de mitadinage le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux ; en comptant les grains mitadinés après les avoir coupés transversalement à l'aide du farinotome de POHL (C.T.P.S et G.E.V.E.S, 2006).

Le farinotome comporte un jeu de 12 plaques, chaque plaque contient 50 alvéoles ; Le taux de mitadinage est déterminé sur 600 grains (50 × 12) [39].

Une valeur de 27% est le pourcentage maximal de grains mitadinés mêmes partiellement (I.T.C.F., 2001).

### 2-3-4- Teneur en protéines

La teneur en protéines est la propriété du grain qui influe le plus sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires.

Plus la teneur en protéines augmente, plus les pâtes alimentaires seront fermes, et moins elles seront collantes ; Les pâtes alimentaires provenant d'une semoule riche en protéines ont une bonne résistance physique et une bonne élasticité; une fois cuites, elles sont fermes, peu collantes et facile à former, et elles conservent leur texture même quand elles sont trop cuites (Dexter et Edwards, 1998).

La teneur en protéines des grains est déterminée par :

La méthode Kjeldahl : le coefficient de transformation de l'azote en protéines est de 5,7.

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC 2003 n°105/2 (Sakr, 2007).

La méthode indirecte : en utilisant la spectroscopie dans le proche infrarouge qui est une technique analytique de plus en plus répandue pour le contrôle rapide de la qualité des matières premières et des produits de transformation en agroalimentaire (I.T.C.F., 2001).

Les résultats sont exprimés en % de MS. (C.T.P.S et G.E.V.E.S, 2006) et elle doit être supérieur à 11,5% [15].



**2-3-5- Teneur en eau**

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente trois intérêts principaux :

- Intérêt technologique, pour la détermination de la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle.
- Intérêt analytique, pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard).
- Intérêt commerciale et réglementaire, Les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau à partir des quels sont appliquées des bonifications et des réfections.

La spectroscopie dans le proche infrarouge est une technique analytique de plus en plus répandue pour le contrôle rapide de la qualité des matières premières et des produits de transformation en agroalimentaire est utilisée.

Pour déterminé la teneur en eau ; une quantité minimale de 15 à 400 grammes selon l'appareil et le produit ; La teneur maximale en eau pour le blé dur soit 14,5%, selon la norme ISO 712 (I.T.C.F., 2001).

**2-3-6- Dureté**

Selon la variété du grain, l'état de cohésion de l'amande ne sera pas le même. (Résistance à l'écrasement).

La dureté jouera directement sur la préparation des grains, la facilité de séparation farine-son, l'énergie consommée par le moulin et sur le rendement. Elle influencera également la granulométrie des farines et la capacité d'absorption d'eau.

En France, on utilise la spectrométrie dans le proche Infra-Rouge pour la mesure de la dureté [5].

**2-3-7- Valeur semoulière**

La valeur semoulière d'un blé dur, définie comme l'aptitude à donner un rendement élevé en semoule de pureté déterminée, dépend de plusieurs groupes de facteurs.

La quantité de semoule produite au cours de la première phase de transformation est un critère très important pour les industriels.

Depuis quelques années, une nouvelle méthode spectroscopique utilisant le proche infrarouge est apparue, permettant de prédire divers paramètres qualitatifs du grain en utilisant une très petite quantité de grains [11].



## 2-4- Caractères technologique de semoule de blé dur

### 2-4-1- Humidité de semoule

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente deux intérêts principaux :

- Intérêt technologique, pour la détermination de la conduite rationnelle de transformation industrielle.
- Intérêt analytique, pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard) (I.T.C.F., 2001).

14,5 % m/m maximum ; Une teneur moindre en eau peut être exigée pour certaines destinations, (Anonyme, 1995).

L'utilisation de l'étuve EM10 est la méthode de référence pour la mesure de l'humidité de tout type de produits, par dessiccation de l'échantillon selon les normes les normes NF ISO 712, NF V03 707, NF V03 708, AACC 44-20, AACC 44-15A, FT WG 0008, IRAM 15850-1, ICC110/1 pour la mesure de l'humidité de référence. [23]

Cet appareil permet un dosage rapide de l'humidité car elle fonctionne selon le principe du séchage à chaud sous un courant d'air pulsé [39].

Les détails de la méthode sont décrits dans les standards ICC 2003 n° 110/1 ; (Sakr , 2007).

### 2-4-2- Teneur en cendres de semoule

Les matières minérales sont des constituants mineurs pondéralement dans les grains et la farine des céréales [39].

La mesure de la teneur en cendres à un intérêt essentiellement réglementaire ; Elle permet de classer les farines et les semoules

- Classement des farines selon les types définit par la réglementation.
- Classement de semoules de blé dur pour la fabrication des pâtes alimentaires.

Ce critère intervient dans le classement des semoules lorsque leurs taux de granulométrie ne correspondent pas à ceux visés par le règlement (I.T.C.F., 2001) :

- Semoules supérieures : taux de cendres maximum de 1,10% (tolérance 10%).
- Semoule courante : taux de cendres maximum de 1,30% (tolérance 20%).

La méthode de référence prévoit une incinération à une température de 900 °C, durée d'incinération : 2 heures.(M.S.D.A, 2004).

Les détails de la méthode sont décrits dans les normes ICC 2003 n°104/1 ; (Sakr , 2007).

### 2-4-3- Couleur de semoule

On emploie dans la pratique le système  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (standard DIN 6176 ; LAB CIE 1976), développé par Hunter, normalisé en 1976 et « exact » au niveau des perceptions (M.S.D.A, 2004).

La couleur est appréciée par deux indices (jaune et brun) : l'idéal est un indice de jaune élevé et un indice de brun faible ; Une belle couleur associe un jaune supérieur à 37-38 à un brun inférieur à 37-38 [19].

Les indices de couleur donnent une valeur chiffrée pour caractériser le jaune et la clarté des pâtes fabriquées à partir du blé.

La mesure se fait avec un chromamètre qui fournit 3 paramètres :

#### 2-4-3-1- Indice de clarté ou $L^*$

Cet indice varie de 0 (noir parfait) à 100 (blanc parfait) [8].

#### 2-4-3-2- Indice de rouge ou $a^*$

Les valeurs positives correspondent à du rouge et les valeurs négatives à du vert ; La valeur 0 correspond à une couleur neutre entre le rouge et le vert [8].

#### 2-4-3-3- Indice de jaune ou $b^*$

La valeur 0 correspond à une couleur neutre entre le jaune et le bleu.

Les valeurs positives correspondent à du jaune et les valeurs négatives à du bleu.

Plus l'indice est élevé en valeur absolue, plus la couleur est intense [8].

La couleur de la semoule de blé dur est évaluée au moyen d'un colorimètre Minolta de modèle CR-410 [27].

### 2-4-4- Taux de gluten

Gluten ; ce mot vient du latin *glutinum* (glu, colle) ; le gluten humide de la farine de blé est une masse viscoélastique composée de gliadines et de gluténines gonflées dans l'eau. (M.S.D.A, 2004).

L'indice de gluten est une mesure des caractéristiques de gluten, ce qui indique si le gluten est faible, normal ou fort [29] ,Il est exprimé en tant que pourcentage de gluten qui ne passe pas à travers un tamis défini lors d'une opération normalisée de centrifugation.

Un indice de gluten élevé indique un gluten résistant et de bonne qualité (M.S.D.A, 2004).

La détermination de la teneur en gluten et de sa qualité se fait par la méthode de référence Glutomatic.

Le gluten sec obtenu en soumettant le gluten humide au séchage présente des valeurs à peu près trois fois inférieures (M.S.D.A, 2004).

Les détails de la méthode sont décrits dans les standards ICC 2003 n° 137/1 (Sakr, 2007).

### 2-4-5- Mesure de la qualité culinaire

Les différentes méthodes citées présentent l'intérêt de prédire, sur une faible quantité, l'aptitude d'un blé dur à être transformé en pâtes alimentaires.

Ce critère de qualité culinaire est complexe et recouvre plusieurs facteurs, dont la texture des produits cuits (fermeté et élasticité) et l'état de surface.

La texture qui rend compte de la fermeté et de la masticabilité des pâtes après cuisson et peut être déterminée par des caractéristiques rhéologiques (fermeté, ténacité, viscoélasticité).

L'état de surface regroupe les notions de collant (prise en masse) et de délitescence (aspect "baveux") des produits (I.T.C.F., 2001).

#### 2-4-5-1- Test sensoriel

Des pâtes sont cuites pendant deux durées différentes  $t + 6$  et  $t + 11$  minutes.

Le temps minimum de cuisson,  $t$ , est déterminé en prélevant des brins de spaghetti au cours de la cuisson et en les écrasant entre deux plaques de verre.

La disparition d'une ligne centrale blanche est révélatrice de l'état de cuisson minimum.

Elles sont dégustées par un jury composé au moins de trois personnes, qui doivent apprécier.

- L'état de délitescence des pâtes, c'est-à-dire l'état de désagrégation superficielle de la pâte cuite, visuellement par comparaison à des photos de référence.
- Les juges notent de 1 (très délitescente) à 9 (pas délitescente).
- La fermeté des pâtes, c'est-à-dire la résistance des pâtes au cisaillement entre les dents et à l'écrasement entre la langue et le palais. Les juges attribuent une note de 1 (pas ferme) à 9 (très ferme) (I.T.C.F., 2001).



2-4-5-2- Méthode de l'alvéographe CHOPIN modifié

Des disques de pâte, obtenus à partir de semoule et d'eau, sont laminés puis cuits et enfin soumis à une pression d'air constante lors de l'essai avec l'alvéographe CHOPIN modifié pour cet usage.

La pression à l'intérieur des pâtons jusqu'à rupture est mesurée et rapportée sous forme de courbe.

La ténacité T est la surface de la courbe moyenne exprimée en centimètre carés. (I.T.C.F., 2001)

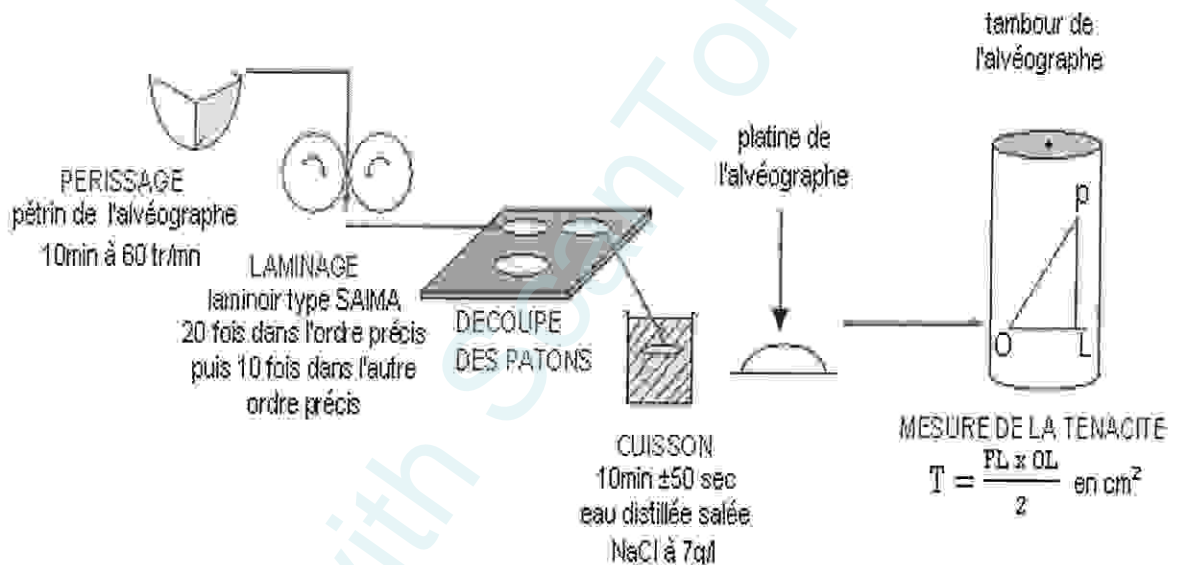


Figure 11 : Mesure de la ténacité par l'alvéographe de Chopin. (I.T.C.F., 2001)

2-4-6- Couleur des spaghettis

Le consommateur cherche des pâtes claires de belle couleur jaune ambrée qui ne présente pas des piqures.

La législation interdisant au fabricant toute adjonction de colorant dans les pâtes alimentaires et dans l'emballage, leurs couleur ne peut provenir que de celle de la semoule et par conséquent de celle de blé.

La couleur se caractérise par deux composantes : l'indice de jaune et l'indice de brun.

Dans tous les cas, plus l'indice de jaune est élevé et l'indice de brun est faible, meilleur est le résultat. (I.T.C.F., 2001)

La couleur des spaghettis est évaluée au moyen d'un colorimètre Minolta de modèle CR-410. [27]

### 2-4-7- Indice de chute

L'indice de chute de Hagberg mesure indirectement l'activité amylasique qui peut devenir excessive dans le cas des grains germés ou en voie de germination.

Cette mesure a deux intérêts principaux :

- Évaluer la valeur de d'utilisation des blés.
- Corriger éventuellement une activité amylasique insuffisante.

L'indice de chute de Hagberg s'exprime en seconde, il globalise la durée d'agitation et de la préparation (60 seconde) et celle de la chute de l'agitateur. un indice de chute ne peut donc être inférieur à 60 secondes.

Il est déterminé selon la norme AFNOR NF V 03-703 de septembre 1997 (Céréales et produits céréaliers- Détermination de l'indice de chute selon HAGBERG-PETREN) (I.T.C.F., 2001).

### 2-4-8- Indice granulométrique

Il existe de nombreuses méthodes de la détermination de la granulométrie basées sur des principes divers ; et de toutes ces techniques, le tamisage est certainement la technique la plus pratiquée et la plus utilisée pour l'étude de la granulométrie des farines [39].

Cette méthode sert à exprimer la texture du grain de blé. Un sous-échantillon de 10 grammes, prélevé sur un échantillon de 22 grammes de blé moulu et mélangé, est passé dans un tamis à mailles et tamisé pendant 10 minutes ; on pèse les tamisats et on enregistre le poids multiplié par 10 comme IG [27].

## 2-5- Facteurs altérant l'aptitude technologique

### 2-5-1- Teneur en protéines

La teneur en protéines est la propriété du grain qui influe le plus sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires.

Cette relation est complexe et dépend d'autres facteurs, notamment des conditions de transformation; cependant, en général, plus la teneur en protéines augmente, plus les pâtes alimentaires seront fermes, et moins elles seront collantes. Les pâtes provenant d'une semoule pauvre en protéines présentent des lacunes à l'égard de toutes ces propriétés, ou de quelques-unes (Dexter et Edwards, 1998).

### 2-5-2- Teneur en cendre

Elle permet de classer les farines et les semoules. Ce critère intervient dans le classement des semoules lorsque leurs taux d'affleurement (Granulométrie) ne correspondent pas à ceux visés par le règlement.

- Semoules supérieures : taux de cendres maximum de 1,10% (tolérance 10%),
- Semoules courantes : taux de cendres maximum de 1,30% (tolérance 20%).

Tous les ans, le meunier et le semoulier effectuent une courbe, dite courbe de cendres, qui leurs permet de régler leurs moulins en fonction de ce cadre législatif ; l'objectif est d'optimiser le rendement de l'appareil de production tout en respectant la réglementation en vigueur (I.T.C.F., 2001)

### 2-5-3- Poids spécifique

Des poids à l'hectolitre trop restreints témoignent d'un taux d'humidité trop élevé, de grains trop allongés, de téguments épais et sales, d'amandes molles et farineuses, de grains atrophiés et ratatinés, de parasites, de graines cassées, de germination sur pied ainsi que d'un petit pourcentage d'impuretés (M.S.D.A, 2004).

Le poids spécifique dépend en partie de la teneur en eau, du taux de dommages dus aux intempéries, de la grosseur et de la densité du grain ainsi que du coefficient de tassement, et ces facteurs ont peu d'incidence directe sur le potentiel meunier.

Dans le cas du blé dur, le poids spécifique demeure utile comme indice de potentiel semoulier.

L'augmentation de teneur en cendres associée à la diminution du poids spécifique de la semoule a fait que l'indice de mouture (rendement en semoule pour une teneur en cendres constante) diminuait à mesure que diminuait le poids spécifique (Dexter et Edwards, 1998).



### 2-5-4- Grains brisés

Par convention, on considère uniquement comme grains cassés, les morceaux de grain plus petits que les trois quarts du grain entier avant cassure.

Les grains secs sont sensibles aux chocs, non seulement au cours du battage, mais aussi et surtout au cours des transports mécaniques au silo. C'est ainsi qu'une opération de nettoyage conduite pour éliminer une grande partie des graines cassés d'un lot.

D'un point de vue qualité, la présence de grains cassés altère les rendements semoulier du blé dur et pose également des problèmes de conservation. Ils sont exposés aux phénomènes d'oxydation. Ils sont accessibles aux attaques des insectes et des moisissures (I.T.C.F., 2001).

### 2-5-5- Grains mitadinés

On entend par grains mitadinés de froment dur, les grains dont l'amande ne peut être considérée comme pleinement vitreuse.

Le grain de blé dur est normalement entièrement vitreux, un grain mitadiné présente à la coupe une ou plusieurs plages farineuses et a tendance, lors de la mouture, à se désagréger en farine et non à éclater en semoule, provoquant une diminution du rendement semoulier.

Le mitadinage peut être provoqué, soit par une teneur en protéines des graines insuffisante, soit par des pluies peu avant la récolte.

En effet, il existe une relation entre la teneur en protéines totales et le mitadinage ; une teneur minimale de 14,5% assure un taux de vitrosité (opposé du mitadinage) d'au moins 80% (I.T.C.F., 2001).

Chez le blé dur, la relation entre grains mitadinés et performance à la mouture est complexe, mais on peut dire qu'en général, les grains mitadinés donnent moins de semoule grossière et plus de farine, ce qui réduit l'aptitude à la mouture du blé dur, puisque le marché de cette céréale privilégie les semoules grossières [26].

### 2-5-6- Grains germés

Les grains germés sont ceux dont on voit nettement à l'œil nu, la radicule ou la plumule. Qui au cours de la maturation ont subi des conditions de température et d'humidité favorables au démarrage des activités enzymatiques propres à la germination (I.T.C.F., 2001).

Il ne s'agit de grains germé qu'au cas où le germe subi des changements nettement visibles, permettant de distinguer facilement le grain germé du grain normal.

Au cours de la germination, l'activité enzymatique augmente ; en particulier celle de l'amylase qui contribue à la dégradation de l'amidon en sucres simples.

Une forte activité amylasique peut conduire à rendre inutilisable pour la panification un lot de blé ; la pâte est collante, difficile à travailler et le pain prend trop de coloration à la cuisson.

Il se peut que des grains soient en état de pré-germination n'est visible à l'œil nu mais l'activité des enzymes a débuté dans le grain.

Ainsi, pour mesurer avec précision l'activité amylasique d'un lot, il est préférable d'utiliser une autre méthode : la mesure de l'indice de chute de Hagberg (I.T.C.F., 2001)

#### **2-5-7- Grains cécidomyiés**

On les trouve uniquement chez les blés. Sont comptés dans cette catégorie, uniquement les graines déformées en " selle de cheval", dont le tégument est fissuré mais dont moins de la moitié de la surface a subi une attaque secondaire par les moisissures (aspect noirâtre du grain).

Ils ont subi l'attaque de larve de deux espèces de diptères :

La larve de Cécidomyie jaune (*Contarinia tritici*) provoque une diminution du nombre de grains par épis.

La larve de Cécidomyie orange (*Sitodiplosis mosellana*) provoque des malformations du grain.

L'incidence en meunerie et en semoulerie sont très diverses.

Les grains uniquement déformés n'ont pas d'incidences sur la qualité, en revanche, les attaques secondaires des grains diminuent la qualité sanitaire (moisissures).

Mais d'une façon générale, on a montré que les grains cécidomyiés avaient un gluten de moins bonne qualité sans que le mécanisme de cette dégradation ait été clairement identifié (I.T.C.F., 2001).

**2-5-8- Grains chauffés par le séchage**

Sont les grains qui présentent des marques extérieures de torrification, mais qui ne sont pas des grains avariés.

Les altérations sont principalement des modifications biochimiques des constituants du grain provoqué par les effets propres de la chaleur et par l'augmentation de l'activité enzymatique.

Les propriétés plastiques du gluten sont altérés ce qui provoque par exemple une diminution de la qualité amidonnaire du blé (mauvaise séparation amidon/gluten dans les procédés technologiques amidonniers (I.T.C.F., 2001).

**2-5-9- Grains cariés et boutés**

Se sont les grains remplis d'une poussière noir d'odeur fétide, composée des spores d'un champignon parasite, la Carie (genre *Tilletia tritici*, *Tilletia faetida*, *Tillatia controversa*). C'est lorsque les spores du champignon viennent alors s'agglomérer sur la brosse ou dans le sillon des grains sains, que l'on appelle grains boutés.

Ils ne peuvent pas être éliminés mécaniquement par le nettoyage et donnent une farine sale lors de la mouture (I.T.C.F., 2001).

Le principal problème associé à ces dommages est l'apparition de piqûres foncées sur la semoule, qui provoque des défauts de nature esthétique dans les pâtes alimentaires.

Dans certains cas, l'infection est avancée et a eu le temps de produire une coloration superficielle foncée semblable à la carie ou au point noir; cependant, outre ces cas extrêmes, la carie rouge n'a pas d'effet grave sur la qualité, et on n'observe qu'une légère augmentation du compte de piqûres de la semoule (Dexter et Edwards, 1998).

**2-5-10- Grains mouchetés**

Pour le froment dur, sont considérés comme grains mouchetés, les grains présentant, à d'autres endroits que le germe même, des colorations situés entre le brun et le noir brunâtre.

Ils présentent à la surface des taches brunes ou noires plus ou moins grande qui provoquent des points noirs dans la semoule et les pâtes alimentaires.

Ils affectent ainsi la valeur commerciale du produit fini (I.T.C.F., 2001).



**2-5-11- Grains punaisés**

On les trouve chez les blés tendres et les blés durs. Ils présentent une plage blanchâtre avec un point noir plus au moins visible au centre représentant la cicatrice de la piqûre.

Ce dégât se remarque plus facilement sur les blés durs, mais il faut veiller de ne pas confondre avec une tache de mitadinage. Les taches provoquées par la punaise ont généralement des contours nets contrairement à celle du mitadinage.

Les punaises injectent, de la salive riche en protéases et en amylases, qui dissout surtout le gluten et en partie l'amidon.

À cet endroit, le gluten est modifié par l'activation de la salive : gluten filant, collant et peu résistant à la poussée des gaz lors de la fermentation panair.

La qualité d'un lot de blé est fortement dépréciée dès que le taux de grains punaisés est de 1% et devient impanifiable quand il atteint 4 à 5% (I.T.C.F., 2001).

**2-5-12- Grains échaudés**

Par convention, ce sont des grains entiers qui passent au travers du tamis à trous longs arrondis de 2,00 mm de largeur, et qui sont retenus par le tamis de 1,00 mm et ce, quel que soit leur état.

La présence de grains échaudés a une incidence sur le rendement en mouture qui diminue, du fait de l'élimination mécanique des petits grains lors des phases de nettoyage et du mauvais remplissage de ces grains. La masse à l'hectolitre (ou poids spécifique) est également affecté (I.T.C.F., 2001).

## 2-6- Règlement de qualité des blés durs

Le Règlement (CE) No 824/2000 de la commission du 19 avril 2000 ; fixant les procédures de prise en charge des céréales par les organismes d'intervention ainsi que les méthodes d'analyse pour la détermination de la qualité. (Tab. 13)

**Tableau 13** : Conditions minimales de la mise à l'intervention pour le blé dur (Règlement 824/2000) (I.T.C.F. ,2001).

<b>A. Teneur maximale en humidité</b>	14,5%
<b>B. Pourcentage maximal d'éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable dont au maximum :</b>	12%
<b>1) Grains brisés</b>	6%
<b>2) Impuretés constitués par des gains dont:</b>	5%
a) grains échaudés	-
b) autres céréales	3%
c) grains attaqués par prédateurs	-
d) grains avec coloration du germe	-
e) grains échaudés par séchage	0,50%
<b>3) Grains mouchetés et/ou fusariés dont :</b>	5%
grains fusariés	1,5%
<b>4) Grains germés</b>	4%
<b>5) Impuretés diverses, dont :</b>	3%
a) graines étrangères :	
-nuisibles	0,10%
-autres	-
b) grains avariés :	
-grains détériorés par un échauffement spontané et par séchage trop brutal :	0,05%
-autres	-
c) impureté proprement dits	-
d) balles	-
e) ergot	0,05%
f) grains cariés	-
g) insectes morts et fragments d'infects	-
<b>C. Pourcentage maximal de grains mitadinés, même partiellement</b>	27%
<b>D. Teneur maximale en tanin</b>	-
<b>E. Poids spécifique minimum</b>	78kg/hl
<b>F. Taux de protéines</b>	11,5%
<b>G. Temps de chute (Hagberg)</b>	220 sec
<b>H. Indice de Zélény</b>	-

# PARTIE 2



EXPERIMENTATION  
PRATIQUE



Produced by Scantopdf



# Chapitre 3



MATERIELS

ET

METHODES



## Objectif de l'étude

À travers notre étude dans les moulins AMOR BENAMOR situés à El-Fedjoudj (wilaya de Guelma) pendant 30 jours ; nous avons essayé de mettre le point sur le contrôle de la qualité technologique des graines et des semoules issus de la mouture de trois types de blés durs (Blé dur local et deux types de blé importés).

### 3-1- Présentation du site de l'étude

Les moulins AMOR BENAMOR font partie d'un groupe spécialisé dans l'agroalimentaire et le groupe Familial fondé par le défunt père (AMOR BENAMOR) en 1984.

Les moulins AMOR BENAMOR, constituent un important complexe industriel implanté dans la zone industrielle d'El Fedjoudj installé à l'Ouest de la Wilaya de GUELMA (Nord-Est Algérien) ; créé en Septembre 2000; Sur un terrain d'une superficie de  $42.500 \text{ m}^2$ . (Kalarasse et Zouaimia, 2010)

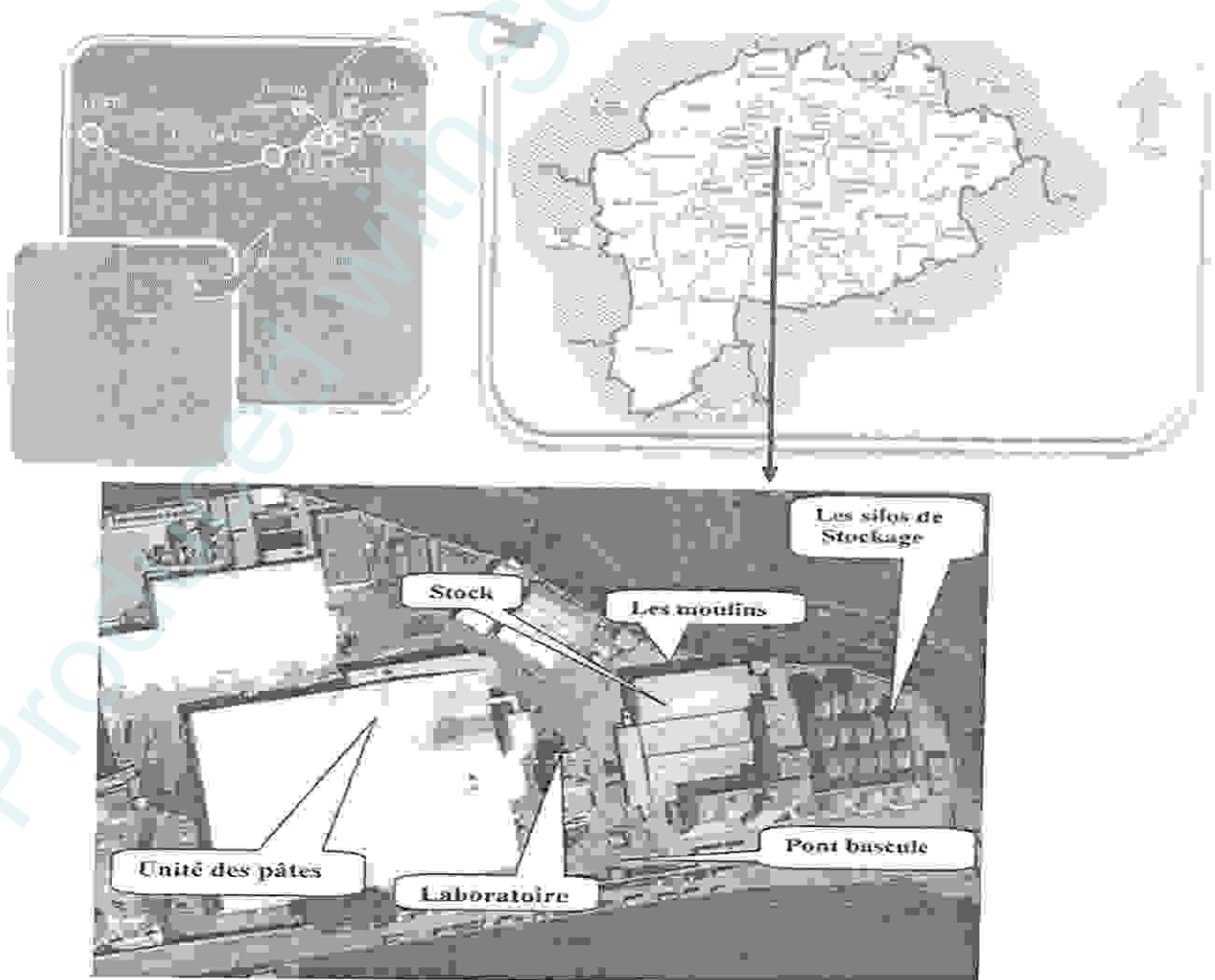


Figure 12 : Présentation des moulins AMOR BENAMOR El Fedjoudj -GUELMA- (Nord-Est Algérien) (Aissaoui et al., 2011)

Les moulins AMOR BENAMOR sont caractérisées par:

- Une capacité de production des moulins (700 T/J)
- Une capacité de stockage de blé 27 500 tonnes
- Un nombre d'employés de 370 dont: 60 cadres ; 70 agents de maîtrise ; 240 agents d'exécution. (Kalarasse et Zouaimia, 2010)

En se conformant à des normes extrêmement rigoureuses en matière de qualité, les Moulins BENAMOR arrivent à développer des produits de plus en plus prisés par les consommateurs [34].

### 3-2- Matériel

#### 3-2-1- Matériel biologique (végétal)

L'étude a été effectuée sur trois types de blé dur *Triticum durum* de l'année 2011 : deux types importés (Canadien et Français) et un type Local ; L'ensemble de ces types sont des mélanges de variétés ; classés selon le pays d'origine.

L'analyse des différents paramètres pour la semoule a été effectuée sur les semoules issues de la mouture de chaque type de blé, individuellement moulue, (Semoule de blé : Canadien 100%, Français 100%, Local 100%) fournies par les moulins Amor Bonamor.

Les résultats relatifs aux différents paramètres étudiés sont spécifiques juste pour ces blés et ces semoules analysés.

#### 3-2-2- Matériel d'analyse

Les équipements (appareils) utilisés dans l'analyse au laboratoire sont figurés dans chaque test réalisé ainsi que les détails du mode opératoire avec ces appareils.

### 3-3- Méthodes

Deux séries de paramètres ont été estimés :

#### • Paramètres relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur

Poids spécifique ; Poids de mille grains ; Taux de mitadinage ; Teneur en protéines ; et teneur en eau, sont des tests appliqués sur les grains de blé dur tels quels et non broyés.

#### • Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur

Humidité de la semoule; Teneur en cendres de la semoule; Coloration de la semoule ; et indice de gluten, sont des tests appliqués sur la semoule de blé dur, issue de la mouture de chaque variété individuellement moulue.



**3-3-1- Paramètres relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur**

**3-3-1-1- Poids spécifique (P.S.)**

➤ **Définition**

La masse volumique dit masse à l'hectolitre, appelé communément (p.s.) où l'on mesurait la quantité de grains au volume (I.T.C.F.,2001).

➤ **Intérêt**

Le poids spécifique présente un intérêt commercial certain ; la masse volumique est prise en compte dans les contrats commerciaux et dans les transactions bien que son intérêt technologique est très limité (I.T.C.F.,2001).

➤ **Principe**

La masse à l'hectolitre est calculé à partir de la masse de 50 litre (trémie conique) ou d'un litre (Niléma-litre) pour les blés durs, sur un échantillon débarrassé manuellement des grandes impuretés (I.T.C.F.,2001).

➤ **Appareillage**

- Niléma litre
- Tamis
- Diviseur conique ou à fentes multiples

➤ **Mode opératoire**

La détermination du poids spécifique est réalisé suivants plusieurs étapes (Fig.13)

• **Phase de préparation de l'échantillon**

- Débarrassage des grosses matières étrangères de l'échantillon par le tamisage sur tamis.
- Homogénéisation de l'échantillon par division au moyen d'un diviseur conique ou à fentes multiples (Aissaoui et al., 2011).
- L'échantillon ainsi préparé devra peser environ 2 kg pour la méthode au Niléma litre (I.T.C.F.,2001).

• **Phase de détermination**

- Poser la balance (Niléma-litre) sur une surface plane et régulière, et à l'abri des vibrations, niveau tourné vers l'opérateur.
- Régler l'horizontalité du socle à l'aide des vis de calage, et mettre les trois curseurs étant au zéro.
- Monter la trémie sur la mesure, en ayant soin d'ajuster les petits tenons de cette dernière dans les encoches du manchon de rehausse [4].

- Puis remplir la trémie des grains à expérimenter, jusqu'au bord supérieur, sans tassage ni monticule.

- Ouvrir l'obturateur à la base de trémie, et laisser couler entièrement le grain dans la mesure.

La forme rehaussée du manchon servant de collecteur, à l'excédent de grains, empêche ceux-ci de répandre au dehors.

- Avec la main droite, introduire doucement le couteau dans la glissière du manchon, et le pousser à fond, en ayant bien soin de maintenir la mesure immobile avec la main gauche pour éviter toute modification du tassement du grain.

- Enlever ensuite la trémie avec son manchon de hausse contenant l'excès de grains au dessus du couteau, et suspendre la mesure à l'extrémité gauche du fléau préalablement immobilisé.

- Libérer le fléau.

- Effectuer la pesée avec précision, à l'aide des curseurs répartis sur la réglette du fléau [4].

#### ➤ Expression des résultats

La masse à l'hectolitre s'exprime en kilogramme par hectolitre (Kg/hl) sur matière telle quelle ; La différence entre deux déterminations successives ne doit pas excéder 2 Kg/hl (I T C F ,2001).

Les deux valeurs  $M_1$  et  $M_2$  seront celle retenus pour calcul du résultat ; La masse volumique de l'échantillon (blé dur), est exprimée en Kilogramme à l'hectolitre (kg/h), est égale à la moyenne des deux valeurs  $M_1$  et  $M_2$  retenues, multipliée par 0,1 (Sakr, 2007).

$$M = [(M_1 + M_2) / 2] \times 0,1$$

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

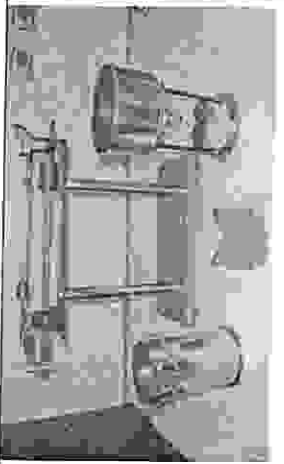
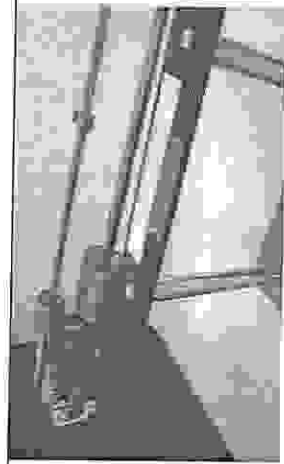


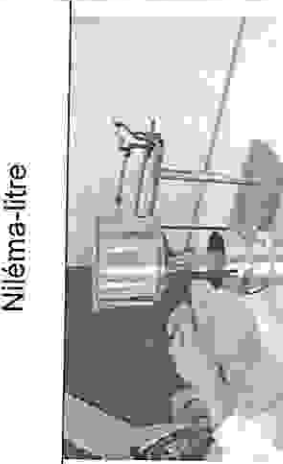
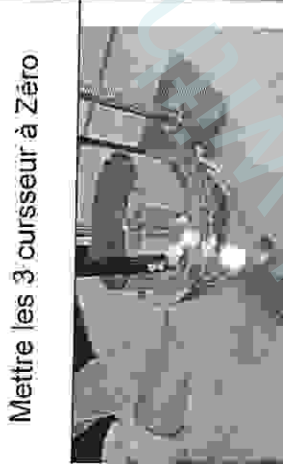






 <p>Niléma-litre</p>	 <p>Mettre les 3 curseurs à Zéro</p>	 <p>Monter la trémie sur la mesure</p>	 <p>Remplir largement la trémie avec les grains</p>
 <p>Ouvrir l'obturateur</p>	 <p>Enfoncer le couteau à fond</p>	 <p>Mobiliser attentivement la trémie</p>	 <p>Enlever la trémie</p>
 <p>Suspendre la mesure au fléau</p>	 <p>Peser avec précision avec les trois curseurs</p>	 <p>Stabilisation de l'axe</p>	 <p>Effectuer la lecture</p>

Figure 13 : Mode opératoire pour déterminer le poids spécifique avec le Niléma-litre.



### 3-3-1-2- Poids de mille grains (PMG)

#### ➤ Définition

Le poids de mille grains permet de déterminer le poids moyen des grains en en pesant mille (M.S.D.A.,2004).

C'est la masse de 1000 grains entiers exprimée en gramme; Elle permet de caractériser une variété, mettre en évidence des anomalies comme l'échaudage et étudier l'influence des traitements en végétation ou des conditions climatiques [39].

#### ➤ Intérêt

##### • Intérêt agronomique

La taille du grain est une caractéristique essentiellement variétale, mais elle dépend également des conditions de culture.

La masse de mille grains est une des composantes agronomiques des céréales. Elle est donc un bon indicateur du mode d'élaboration du rendement et des problèmes rencontrés par la plante lors de son développement (Aissaoui et al., 2011).

##### • Intérêt technologique

Elle est un indicateur du rendement technologique dans l'industrie de première transformation (Aissaoui et al., 2011).

#### ➤ Principe :

Le principe de la méthode repose sur le comptage automatique ou manuel du nombre de grains entiers contenus dans une prise de masse connue. La détermination de la masse de 1000 grains est basée sur le comptage des grains d'une prise d'essai de 30 g après élimination des impuretés et de grains cassés [39].

#### ➤ Appareillage

- Balance de précision 0,01g près
- Pince

#### ➤ Mode opératoire

Le mode opératoire (Fig. 14) nécessite la précision lors du comptage manuel.

- Déterminer sur un échantillon la teneur en eau.
- Prélever au hasard une quantité à peu près égale à la masse de 600 grains ou plus de l'échantillon de blé dur tel quel ; et la peser.
- Sélectionner les grains entiers par débarrassage des grains cassés.
- Compter les grains entiers à l'aide d'un compteur ou faire un comptage manuel !
- Peser de nouveau les grains entiers déjà comptés (Aissaoui et al., 2011).



**Figure 14** : Mode opératoire pour la détermination du poids de mille grains par le comptage manuel des grains. [38]

➤ **Expression des résultats**

La masse de mille grains s'exprime en gramme (g) et calculé par la formule : [39]

- Masse de 1 000 grains sur matière telle quelle :

$$P = [1000 \times P' / N]$$

- Masse de 1 000 grains sur matière sèche :

$$P = [1000 \times P' / N] \times [100 / 100 - H]$$

P : poids réel de 1000 grains.

N : nombre de grains entiers de 30 g.

P' : poids de la prise d'essai (30 g).

H : humidité (en pour-cent)

La différence entre les résultats de deux essais ne doit pas dépasser 6% pour les grains ayant une masse supérieure à 25 gramme pour 1 000 grains (I.T.C.F.,2001)

**Remarque** : Le comptage des graines dans pour déterminer la masse de mille grains (PMG) a été effectué manuellement, mais à titre d'information il y a des appareils spécialisés pour la détermination du poids de mille grains « Compteur Calculateur du Poids de Mille Grains Calc PMG » (Fig.15) avec une précision typique en blé : 2 grains / 50 gr soit > 0 .2%



**Figure 15** : Compteur calculateur du poids de mille grains, Calc PMG. [38]

3-3-1-3- Taux de mitadinage

➤ **Définition**

On entend par taux de mitadinage le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux (C.T.P.S et G.E.V.E.S., 2006).

➤ **Intérêt**

Le meunier accorde généralement la préférence au blé vitreux en raison de son rendement plus élevé en semoule lors de la mouture, en comparaison avec les grains farineux (M.S.D.A.,2004).

➤ **Principe**

La détermination des grains mitadinés ne se fait pas par observation des plages blanchâtres visibles par transparence sur les grains, ni en coupants les grains avec un scalpel et en comptant le nombre de grains présentant des points blanc dans l'amande.

Pour la détermination du taux de mitadinage du blé dur, le règlement n° 824/2000, impose l'utilisation du farinotome de POHL (I.T.C.F.,2001).

➤ **Appareillage**

- Farinotome de Pohl, avec ses plaques menées de 50 alvéoles.
- Balance analytique de 0,1 mg près

➤ **Mode opératoire**

La recherche s'effectue sur un échantillon de 100 grammes environ (Fig.10), sur un échantillon débarrassé de l'ensemble des impuretés, et bien homogénéisé.

▪Après avoir introduit une plaque dans le farinotome, une poignée de grains est répandue sur la grille.

▪ Tapoter vivement de façon à ce qu'il n'y'ait qu'un grain par alvéole.

▪ Rabattre la partie mobile pour maintenir les grains, les couper en introduisant la lame du farinotome et compter le nombre de grains mitadinés, même partiellement.

Une plaque de farinotome permet de couper 50 grains ; Une bonne détermination se fait sur un minimum de 600 grains, c'est-à-dire 12 plaques (I.T.C.F.,2001).

➤ **Expression des résultats**

On calcule le pourcentage de grains mitadinés qui est le rapport entre le nombre des grains mitadinés comptabilisés et les 600 grains coupés, mitadins même partiels en pourcentage (%) de la prise d'essais : (I.T.C.F.,2001).

$$M \times (100-I) / 100$$

M= % des grains mitadins même partiels dans les grains propres examinés.

I= masse des éléments qui ne sont pas des céréales de base de la qualité irréprochable.



Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

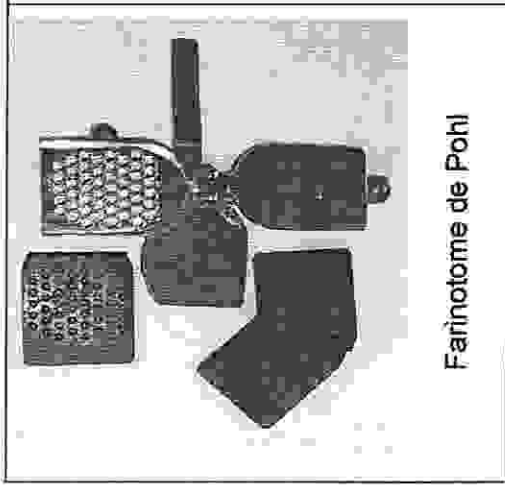
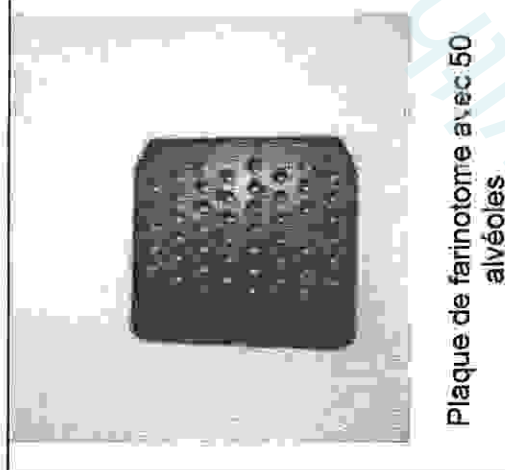
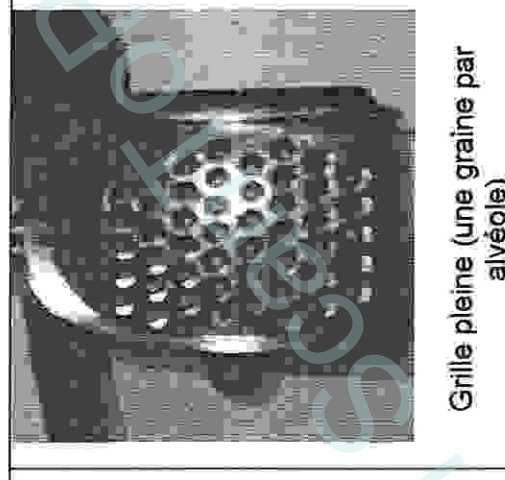
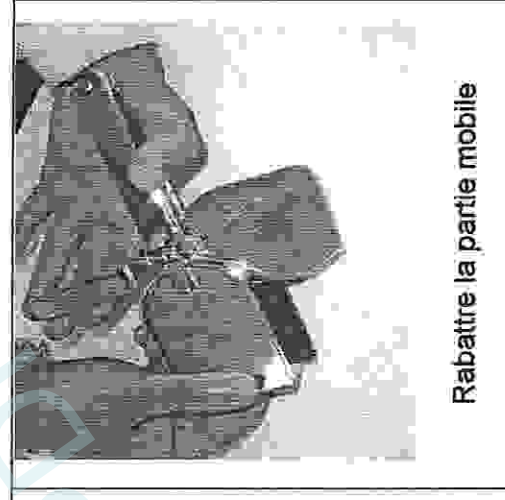
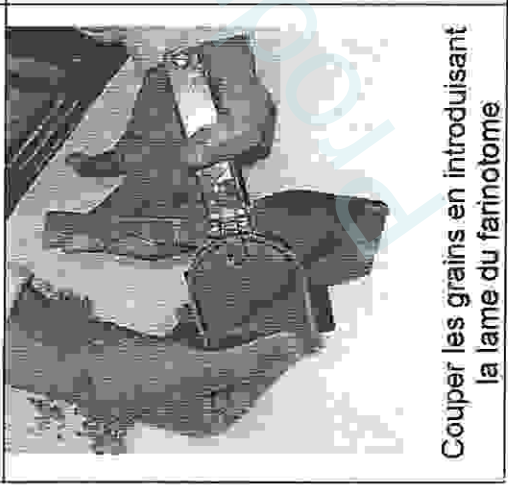
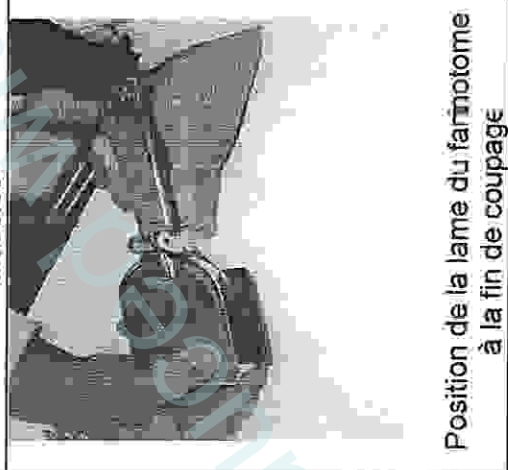
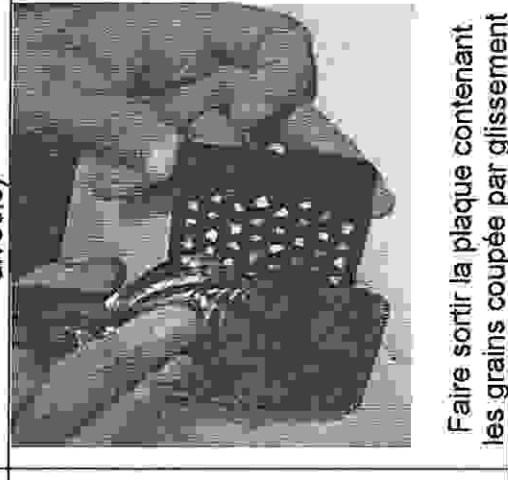
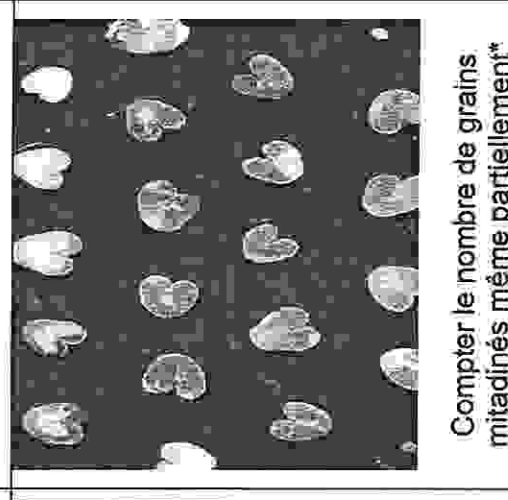
 <p>Farinotome de Pohl</p>	 <p>Plaque de farinotome avec 50 alvéoles</p>	 <p>Grille pleine (une graine par alvéole)</p>	 <p>Rabattre la partie mobile</p>
 <p>Couper les grains en introduisant la lame du farinotome</p>	 <p>Position de la lame du farinotome à la fin de coupage</p>	 <p>Faire sortir la plaque contenant les grains coupée par glissement</p>	 <p>Compter le nombre de grains mitadinés même partiellement*</p>

Figure 16 : Mode opératoire pour déterminer le taux de mitadinage avec le farinotome de Pohl

\*(I.T.C.F., 2001)

3-3-1-4- Teneur en protéine

➤ **Définition**

La teneur en protéines est la propriété du grain qui influe le plus sur la qualité culinaire des pâtes alimentaires [26].

➤ **Intérêt**

La teneur en protéine est un critère important d'appréciation de la qualité ; c'est un des critères intéressants à prendre en compte dans le classement des lots à la réception (I.T.C.F.,2001).

➤ **Principe**

La détermination de la teneur en protéine totales a été faite à l'aide d'un appareil (Infratec 1241).

La spectroscopie dans le proche infrarouge est une technique analytique de plus en plus répandue pour le contrôle rapide de la qualité des matières premières et des produits de transformation en agroalimentaire.

La simplicité et la rapidité d'obtention des résultats autorisent la multiplication des analyses.

La spectrométrie dans le proche infrarouge est une méthode indirecte de mesure physique dont le principe repose sur l'absorption de la lumière proche infrarouge par l'eau et les molécules organiques (I.T.C.F.,2001).

➤ **Appareillage**

- Infratec™1241

➤ **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en protéine se réalise suivant les étapes (Fig.17) :

- Placer un échantillon de blé dur homogénéisé dans la cellule de mesure.
- Comprimer l'échantillon dans le compartiment, en utilisant le dispositif de tassement.
- Lancer l'analyse, appuyer sur la touche « ENTRER ».
- Lorsque les résultats apparaissent à l'écran, essayer de vider le tiroir de la quantité de la première analyse, et de le rendre à sa place dans l'appareil ; l'infratec 1241 est prête pour une nouvelle analyse (Aissabui et al., 2011).

➤ **Expression des résultats**

Elle est identique à celle de la méthode de référence; Les résultats sont exprimés en pourcentage (%/MS) par rapport à la matière sèche (I.T.C.F.,2001).

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

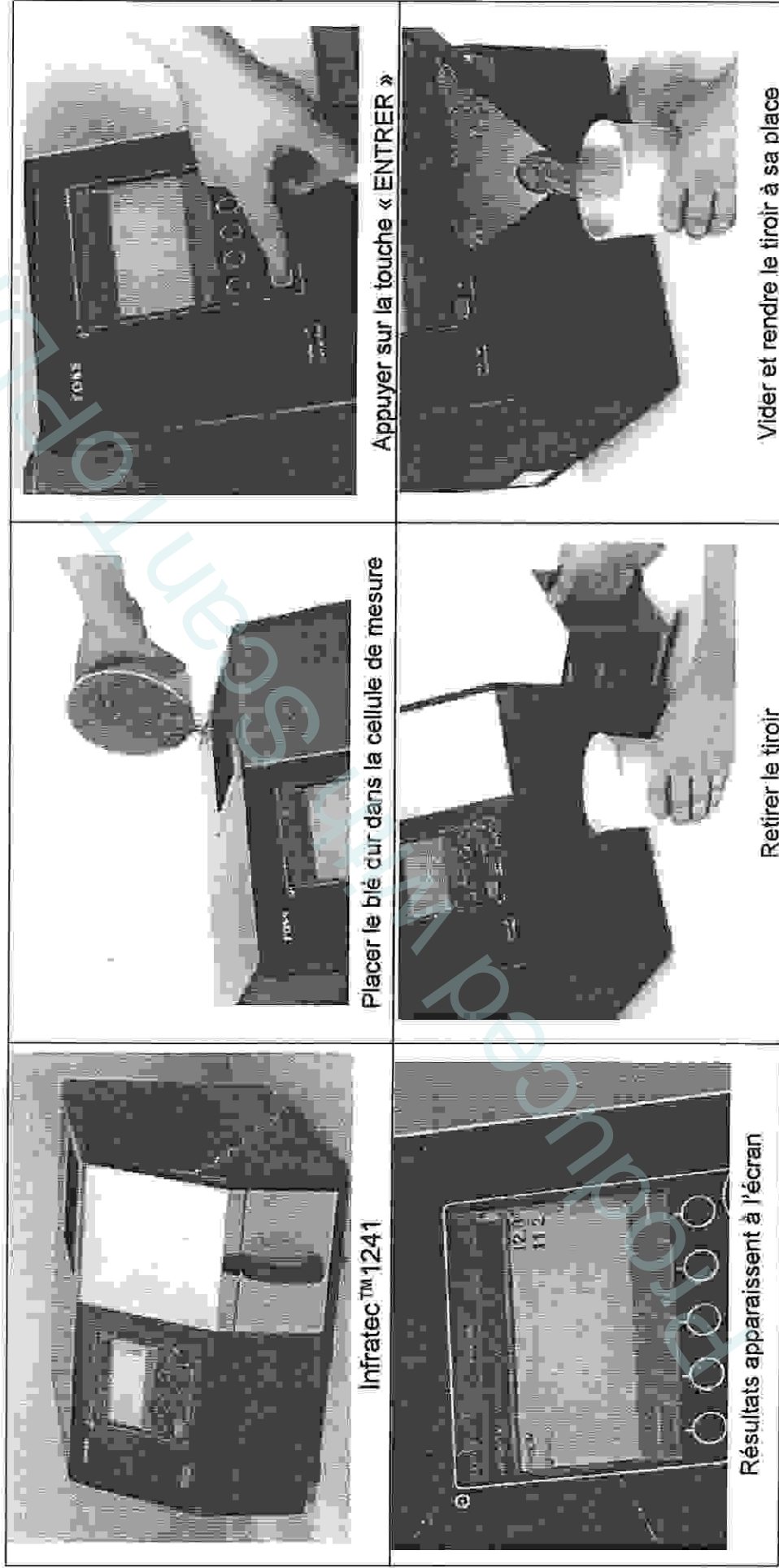


Figure 17 : Mode opératoire pour déterminer la teneur en protéines avec l'Infratec™1241 [42]



3-3-1-5- Teneur en eau

➤ **Définition**

L'eau est un des constituants de base du grain ; Connaître la teneur en eau du grain permet aux meuniers de savoir la quantité d'eau à rajouter avant la mouture pour une meilleure séparation des couches du grain [6].

➤ **Intérêt**

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente trois intérêts principaux :

• **Intérêt technologique**

Pour la détermination de la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle (I.T.C.F.,2001).

• **Intérêt analytique**

Pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard) (I.T.C.F.,2001).

• **Intérêt commerciale et réglementaire**

Les contrats commerciaux et les normes réglementaires fixent des seuils de teneur en eau à partir des quels sont appliquées des bonifications et des réfections.

L'intérêt des humidimètres est de contrôler rapidement la teneur en eau des produits (I.T.C.F.,2001).

➤ **Principe**

La détermination de la teneur en eau a été faite à l'aide d'un appareil (Infratec 1241).

La spectroscopie dans le proche infrarouge est une technique analytique de plus en plus répandue pour le contrôle rapide de la qualité des matières premières et des produits de transformation en agroalimentaire.

La simplicité et la rapidité d'obtention des résultats autorisent la multiplication des analyses.

La spectrométrie dans le proche infrarouge est une méthode indirecte de mesure physique dont le principe repose sur l'absorption de la lumière proche infrarouge par l'eau et les molécules organiques. (I.T.C.F.,2001).

➤ **Appareillage**

- Infratec™1241

➤ **Mode opératoire**

La détermination de la teneur en eau se réalise suivant les étapes (Fig.18) :

- Placer un échantillon de blé dur homogénéisé dans la cellule de mesure.
- Comprimer l'échantillon dans le compartiment, en utilisant le dispositif de tassement.
- Lancer l'analyse, appuyer sur la touche ENTRER.
- Lorsque les résultats apparaissent à l'écran, essayer de vider le tiroir de la quantité de la première analyse, et de le rendre à sa place dans l'appareil ; infratec 1241 est prête pour une nouvelle analyse (Aissaoui et al., 2011).

➤ **Expression des résultats**

La précision des mesures dépend du produit analysé, de sa teneur en eau et de l'appareil utilisé (I.T.C.F.,2001).

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

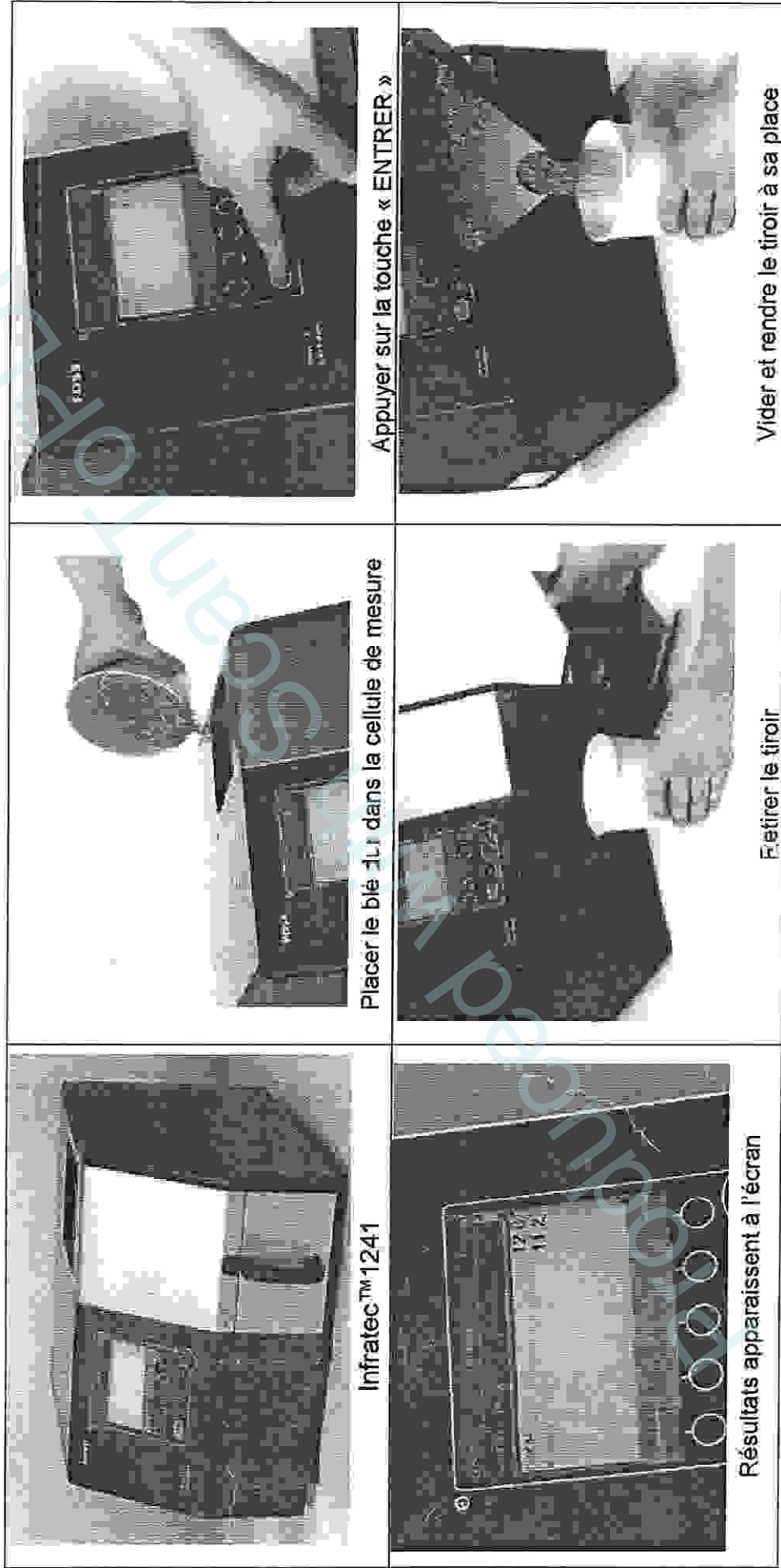


Figure 18 : Mode opératoire pour déterminer la teneur en eau avec l'Infratec™ 1241 [42]



**3-3-2- Paramètres relatifs aux caractéristiques de la semoule de blé dur**

**3-3-2-1- Humidité de la semoule (selon la méthode de référence)**

➤ **Définition**

Étalonnée par rapport à la méthode fondamentale, la méthode de référence pratique consiste en un étuvage à pression atmosphérique, à une température de 130-133°C, dans des conditions opératoires définies. La perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit (I.T.C.F.,2001).

➤ **Intérêt**

La mesure de la teneur en eau des céréales et des produits dérivés est une opération capitale qui présente :

• **Intérêt technologique**

Pour la détermination de la conduite rationnelle des opérations de récolte, de séchage, de stockage ou de transformation industrielle (I.T.C.F.,2001).

• **Intérêt analytique**

Pour rapporter les résultats des analyses de toute nature à une base fixe (matière sèche ou teneur en eau standard) (I.T.C.F.,2001).

➤ **Principe**

Étalonnée par rapport à la méthode fondamentale, la méthode de référence pratique consiste en un étuvage à pression atmosphérique, à une température de 130-133°C, dans des conditions opératoires définies.

La perte de masse observée est équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit (I.T.C.F.,2001).

➤ **Appareillage**

- Balance Analytique, capable de peser à 0,001g.
- Capsules métalliques non attaquant dans les conditions de l'essai.
- Étuve isotherme à chauffage électrique, réglée de façon que la température de l'air et des plateaux porte échantillon, au voisinage des prises d'essai sont comprises entre  $130 \pm 3$  °C.
- Dessiccateur à plaque en métal ou, à défaut, en porcelaine, épaisse, perforée, contenant un produit déshydratant efficace (Kalarasse, 2011).

➤ **Mode opératoire**

Le mode opératoire à suivre est la méthode de référence pour déterminer la teneur en eau (Fig.19) selon la norme AFNOR NF ISO 711 du juin 1989 (céréales et produits céréaliers-Détermination de teneur en eau - Méthode de référence pratique) (I.T.C.F.,2001).

- Introduisez le nombre nécessaire de nacelle dans l'étuve, les laisser pendant 15 min.

- Laisser refroidir les nacelles dans un dessiccateur environ 45 min.

- Peser les nacelles vides en prend en considération leurs numéros (Belkhiri et Yalaoui, 2011).

- **Prise d'essai**

- Peser rapidement à 0,001 g près,  $5g \pm 1g$  de l'échantillon pour essai dans la capsule préalablement séchée et tarée, couvercle compris, à 0,001g (Kalarasse, 2011).

- **Séchage**

- Il ne faut pas ouvrir la porte de l'étuve durant le séchage ; à la fin de la période de séchage, retirer les prises d'essai séchées ayant d'y introduire des produits humides, car cela aurai pour conséquence de déshydrater partiellement ces dernières.

- Introduire la capsule ouverte contenant la prise d'essais et son couvercle dans l'étuve et les y laisser séjourner pendant  $120 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$  (temps compté à partir du moment ou la température de l'étuve est à nouveau comprise entre  $130^{\circ}\text{C}$  et  $133^{\circ}\text{C}$ .

- En opérant rapidement retirer la capsule de l'étuve, la couvrir et la placer dans le dessiccateur côte à côte (Kalarasse, 2011).

- **Peser**

Dès que la capsule est refroidie à la température du laboratoire (en général entre 30 min et 45 min) après la mise en place dans le dessiccateur, la peser à 0,001g près (Kalarasse, 2011).

- **Expression des résultats**

La teneur en eau exprimée en pourcentage (%) en masse du produit tel quel [1]

$$\text{Humidité (\%)} = \frac{(\text{Poids humide} - \text{poids sec de l'échantillon (g)}) \times 100}{\text{Poids humide de l'échantillon}}$$

Effectuer les essais au moins en double ; La différence entre les valeurs obtenues lors des deux déterminations effectuées simultanément ou à bref intervalle par le même analyste ne doit pas dépasser 0,15 g d'humidité pour 100 g d'échantillon.

En cas de dépassement, les déterminations sont répétées [12].

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

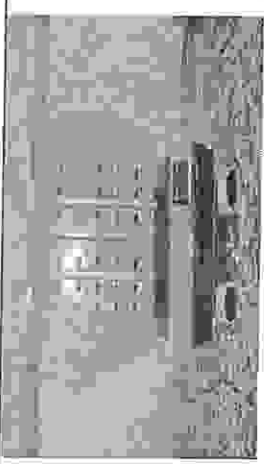



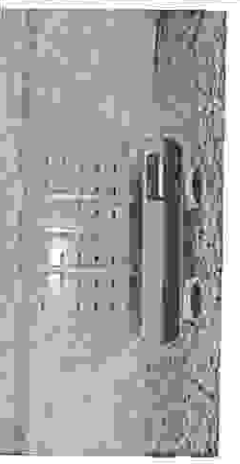
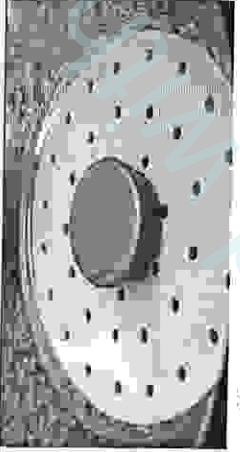


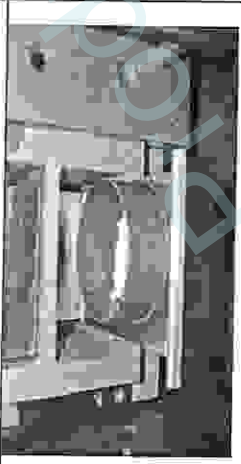

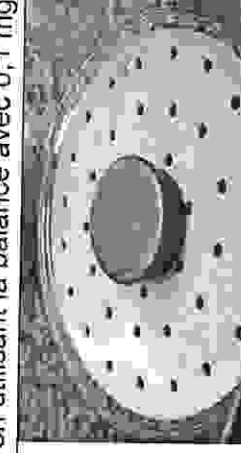

	<p>Étuve EM10 réglée à une température de 130 à 133 °C</p>		<p>Étuve ouverte avec ses nacelles</p>		<p>Dessiccateur avec gel absorbant</p>		<p>Introduire les nacelles vides avec leurs couvercles dans l'étuve</p>
	<p>Fermer l'étuve et compté 15 min dès que la température soit 130° C</p>		<p>Mettez les nacelles et leurs couvercles dans le dessiccateur pendant 45 min</p>		<p>Peser les nacelles vides avec leurs couvercles en utilisant la balance avec 0,1 mg</p>		<p>Peser 5 g de l'échantillon avec 0,1 mg près</p>
	<p>Entrée de la nacelle contenant l'échantillon dans l'étuve</p>		<p>Fermer l'étuve et compter 2h dès que la température de l'étuve soit 130°C</p>		<p>Couvercle fermé dans le dessiccateur à l'abri de l'humidité ambiante pendant 45 min</p>		<p>Peser a la fin les nacelles contenant l'échantillon séché avec 0,1 mg de près</p>

Figure 19 : Mode opératoire pour déterminer la teneur en eau de la semoule avec l'étuve EM10 selon la méthode de référence [47]



3-3-2-2- Taux de cendres selon la méthode de référence)

➤ **Définition**

La normalisation se fait en fonction de la teneur en sels minéraux (teneur en cendres), qui dépend elle-même du pourcentage de résidus d'enveloppes extérieures, particulièrement riches en substances minérales (M.S.D.A., 2004).

➤ **Intérêt**

La mesure de la teneur en cendres à un intérêt essentiellement réglementaire :

Elle permet de classer les farines et les semoules :

- Classement des farines selon les types définis par la réglementation.
- Classement de semoules de blé dur pour la fabrication des pâtes alimentaires (I.T.C.F., 2001).

➤ **Principe**

Incineration d'une prise d'essai dans une atmosphère oxydante à une température de  $900^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$  jusqu'à combustion de la matière organique et peser le résidu obtenu (Kalarasse, 2011).

La quantité minimale du produit est de 20 à 200 grammes de grain selon le broyeur ; 20 grammes de produits de mouture.

Le broyage des grains : teneur en eau du broyat ou des produits de mouture et dérivés comme des opérations préalables (I.T.C.F., 2001).

➤ **Appareillage**

- Four électrique à moufle
- Balance analytique
- Nacelles en quartz
- Appareil à refroidissement (dessiccateur)
- Plaque unie thermorésistante
- Pince en acier inoxydable
- Pipette graduée
- Réactifs :  
Éthanol à 95% (Kalarasse, 2011).

#### ➤ Mode opératoire

Le mode opératoire à suivre est la méthode de référence pour déterminer la teneur en cendres (Fig.20) selon la norme ISO 2171:180 – Céréales, légumes secs et produits dérivés – Détermination de la teneur en cendres (I.T.C.F.,2001).

- Chauffer durant environ 15 min les nacelles dans le four réglé à  $900^{\circ}\text{C}\pm 25^{\circ}\text{C}$
- Laisser ensuite refroidir à la température ambiante dans l'appareil de refroidissement pendant une heure environ.
- Peser à 0,1 mg près les nacelles.
- Peser à 0,1 mg près, 5 grammes de l'échantillon, et répartir la matière en une couche d'épaisseur uniforme sans tasser.
- Humecter la prise d'essai dans la nacelle immédiatement avant la pré-incinération au moyen de 1 à 2 ml d'éthanol.
- Placer la nacelle et son contenu à l'entrée du four ouvert préalablement chauffé à  $900^{\circ}\text{C}\pm 25^{\circ}\text{C}$  jusqu'à ce que la matière s'enflamme.
- Aussitôt que la flamme est éteinte, placer avec précaution la nacelle dans le four pour suivre l'incinération pendant 1 h 30 min à 2 h.
- Retirer progressivement la nacelle du four, et la mettre à refroidir sur la plaque thermorésistante pendant une minute puis dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante (une heure environ).
- Peser les nacelles (Kalarasse, 2011).

#### ➤ Expression des résultats

Le poids est d'abord calculé en pourcentage de matière humide (%/MTQ) puis rapporté à la matière sèche (%/MS) selon les formules [39]:

$$\text{Cendres (sur substance telle quelle) \%} = (b-a) \times 100 / M$$

$$\text{Cendres (sur substances sèches) \%} = [(b-a) \times 100] \times 100 / M \times (100-F)$$

a = masse du creuset vide

b = masse du creuset contenant les cendres

M = masse de l'échantillon frais

F = % humidité de l'échantillon

La mesure s'effectue en double, sa répétabilité est de :

0,02 en valeur absolue pour des teneurs en cendres inférieurs à 1%

2% de la valeur moyenne pour des teneurs en cendres supérieurs à 1% (I.T.C.F.,2001).

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes


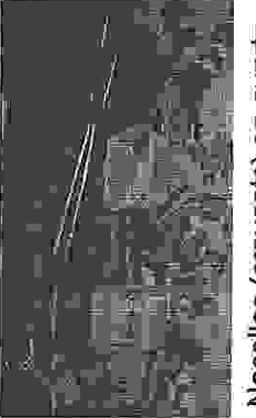
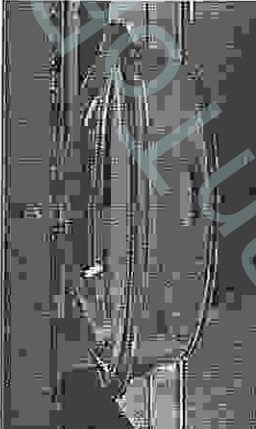



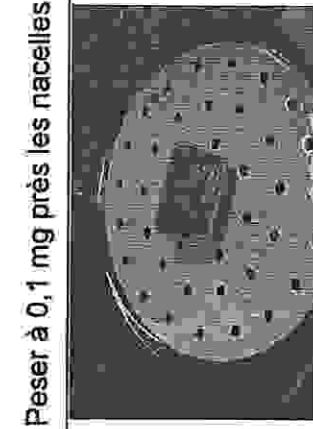

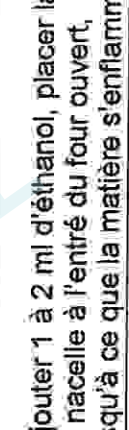
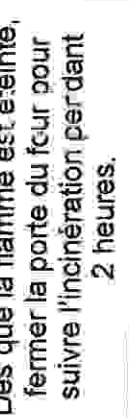
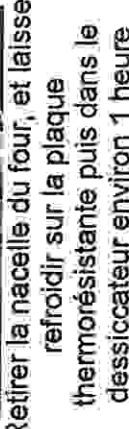

			
<p>Four à moufle réglé à 900°C ± 25°C</p>	<p>Nacelles (creusets) en quartz et pince</p>	<p>Dessiccateur avec gel absorbant</p>	<p>Balance analytique à 0.1 mg près</p>
			
<p>Chaudron durant 15 min les nacelles</p>	<p>Laisser refroidir dans le dessiccateur 1 heure</p>	<p>Peser à 0,1 mg près les nacelles.</p>	<p>Peser à 0,1 mg près, 5 g de l'échantillon</p>
			
<p>Ajouter 1 à 2 ml d'éthanol, placer la nacelle à l'entrée du four ouvert, jusqu'à ce que la matière s'enflamme</p>	<p>Dès que la flamme est éteinte, fermer la porte du four pour suivre l'incinération pendant 2 heures.</p>	<p>Retirer la nacelle du four, et laisser refroidir sur la plaque thermorésistante puis dans le dessiccateur environ 1 heure</p>	<p>Peser la nacelle à nouveau à 0,1 mg près</p>

Figure 20 : Mode opératoire pour déterminer le taux de cendres de la semoule avec le four à moufle selon la méthode de référence [49]



3-3-2-3- Couleur de la semoule (indice de jaune - indice de brun)

➤ **Définition**

La couleur se caractérise par deux composantes : l'indice de jaune et l'indice de brun ; Dans tous les cas, plus l'indice de jaune est élevé et l'indice de brun est faible, meilleur est le résultat (I.T.C.F., 2001).

➤ **Intérêt**

Le consommateur cherche des pâtes claires de belle couleur jaune ambrée qui ne présente pas des piqures.

La législation interdisant au fabricant toute adjonction de colorant dans les pâtes alimentaires et dans l'emballage, leurs couleur ne peut provenir que de celle de la semoule et par conséquent de celle de blé (I.T.C.F., 2001).

➤ **Principe**

La couleur de la semoule de blé dur est évaluée au moyen d'un colorimètre Minolta de modèle CR-410 muni d'un illuminant D65.

La couleur est évaluée en fonction de sa clarté ou luminance ( $L^*$ ), de la chromaticité rouge-verte ( $a^*$ ) et de la chromaticité jaune-bleue ( $b^*$ ) [27]

➤ **Appareillage**

- Colorimètre CR- 410 avec calculateur DP-400.
- Tube de projection lumineuse CR-A33e (pour CR- 410)
- Baguette en plastic.
- Verre en verre.

➤ **Mode opératoire**

Le mode opératoire avec l'appareil est montré dans la figure (Fig. 21)

La colorimétrie : colorimètre CR 410 Konica Minolta ; Certifié ISO 9001 et 14001.

Le colorimètre CR- 400, dont l'ouverture de mesure est 8mm, et le CR- 410 avec sa très grande ouverture de 50 mm, convient à la mesure de la couleur réfléchie et de la différence de couleur dans de nombreux secteurs industriels.

Il répond aux besoins de nombreuses applications : tous types d'ingrédients, d'aliments, de matières brutes et de produits finis, applications pharmaceutiques et dermatologiques [30].

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

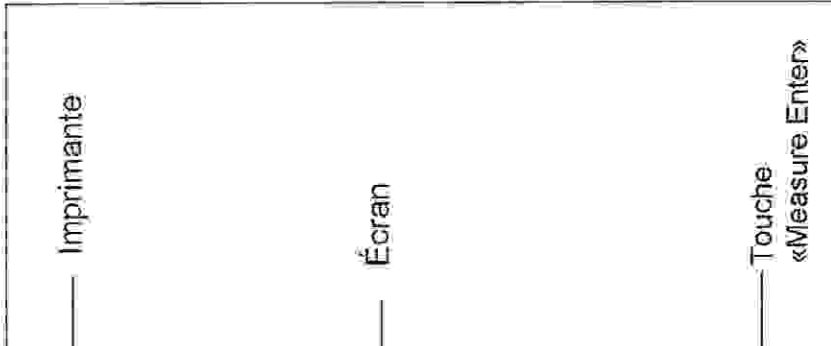

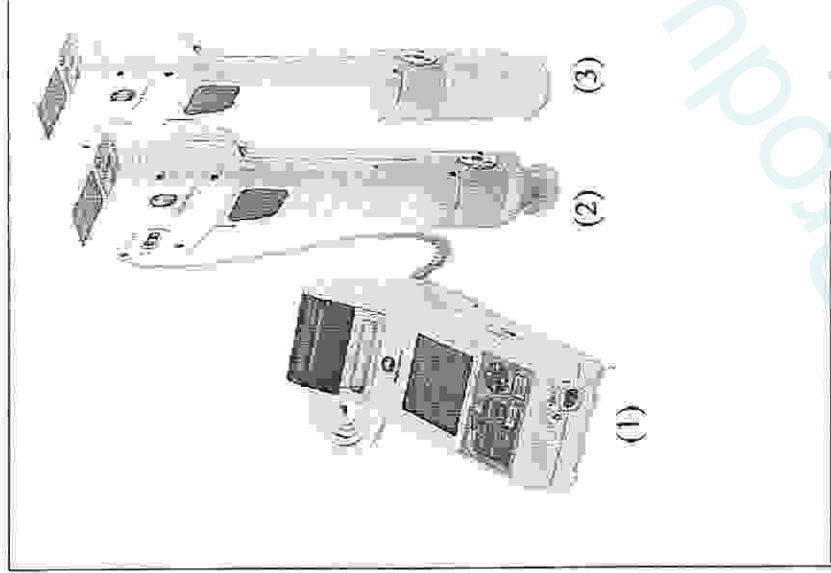
		
<p>Effectuer la lecture des trois indices (L, a, b)</p>	<p>Extrémité inférieure du colorimètre CR-410 en contact avec la surface de la semoule</p>	<p>(1) Calculateur DP-400 (2) Colorimètre CR-400 (3) Colorimètre CR-410</p>

Figure 21 : Mode opératoire pour déterminer la couleur de la semoule avec le colorimètre CR 410 Konica Minolta [44]

▪ L'utilisation est simple ; elle nécessite seulement de mettre une quantité de semoule dans un verre en verre puis régulier la surface de la semoule pour la rendre plane en utilisant une petite baguette en plastic ou autre.

▪ Mettez l'extrémité inférieure du colorimètre CR- 410 en contact avec la surface plane de la semoule comme le montre la figure (Fig. 21) ; et appuyer sur la touche « Measure Enter » ; le temps de mesure est 1 seconde !

▪ En fin Effectuer la lecture des trois indices ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) affichés sur l'écran du calculateur ; on peut aussi imprimer les résultats de cette analyse grâce à une imprimante engager dans le calculateur DP-400.

#### ➤ Expression des résultats

La mesure se fait avec un chromamètre qui fournit 3 paramètres :

- La clarté ou  $L^*$  : cet indice varie de 0 (noir parfait) à 100 (blanc parfait).
- L'indice de rouge ou  $a^*$  : la valeur 0 correspond à une couleur neutre entre le rouge et le vert.

Les valeurs positives correspondent à du rouge et les valeurs négatives à du vert.

- L'indice de jaune ou  $b^*$  : la valeur 0 correspond à une couleur neutre entre le jaune et le bleu.

Les valeurs positives correspondent à du jaune et les valeurs négatives à du bleu ;

Plus l'indice est élevé en valeur absolue, plus la couleur est Intense [8].



### 3-3-2-4- Indice de gluten

#### ➤ Définition

Le Gluten Index est défini par le pourcentage de gluten humide restant sur une filière spéciale, après extraction et centrifugation selon la méthode préconisée et standardisée.

Le Gluten index est défini par le pourcentage de gluten humide restant sur une filière spéciale, après extraction et centrifugation selon la méthode préconisée et standardisée [32].

#### ➤ Intérêt

Apprécier la quantité et la qualité du gluten a un intérêt principalement technique.

En effet le gluten, constitué essentiellement par des fractions insolubles des protéines, présente la caractérisation de pouvoir former un réseau viscoélastique dont les propriétés d'extensibilité, d'élasticité et de ténacité ont une influence sur le comportement des pâtes en cours de fabrication et sur la qualité du produit fini (pain, biscuit, pâtes, ....) (I.T.C.F.,2001).

#### ➤ Principe

Le gluten est une substance plastique, élastique et extensible, composé de protéines telles les gliadines et les gluténines.

Le gluten est obtenu par lixiviation d'une pâte et élimination des substances solubles dans l'eau salée (amidon, protéines solubles) (Kalarasse, 2011).

Le gluten humide est extrait mécaniquement à l'aide d'un système Glutomatic 2100 ou 2200 [32].

#### •Appréciation de la quantité du gluten

Les protéines qui composent le gluten ne sont pas solubles dans l'eau salée. Pour obtenir du gluten, il suffit de pétrir et de rincer une quantité déterminée de farine avec de l'eau salée et de peser la quantité de gluten humide obtenue. Cette mesure se fait à l'aide du Glutomatic [45].

Extraction du gluten par malaxage mécanique et lavage d'un mélange de mouture avec solution d'eau salée à 2% (I.T.C.F.,2001).

#### •Appréciation de la qualité du gluten

Mesure des caractéristiques viscoélastiques du gluten par centrifugation à travers une grille perforée et mesure du pourcentage restant sur tamis à la fin de l'opération.

Cette quantité est fonction des caractéristiques du gluten (I.T.C.F.,2001).

Plus le gluten est tenace et élastique plus la quantité de gluten passant à travers du tamis lors de la centrifugation est faible et plus le Gluten Index est élevé.

Ces deux opérations sont réalisées automatiquement et de façon répétable avec l'appareil GLUTOMATIC . (I.T.C.F.,2001)

#### ➤ Appareillage

L'ensemble d'appareillage utilisé est montré dans la figure (Fig.22)

- Glutomatic
- Bécher de récupération de l'eau de lavage 600 ml.
- Chambre de lavage 88 $\mu$ m pour la farine lisse.
- Casette tamis Gluten Indice 88 $\mu$ m
- Circle plexiglass pour chambre de lavage séparée.
- Balance de précision à 0,01
- Centrifugeuse à vitesse de rotation fixée avec précision (Gluten Index centrifuge 2015)
- Réservoir avec couvercle contenant 10 litres.
- Distributeur réglable (utilisé à 4,8 ml)
- Pince à épiler ou brucelles
- Spatule inoxydable
- Glutork 2020 [32]

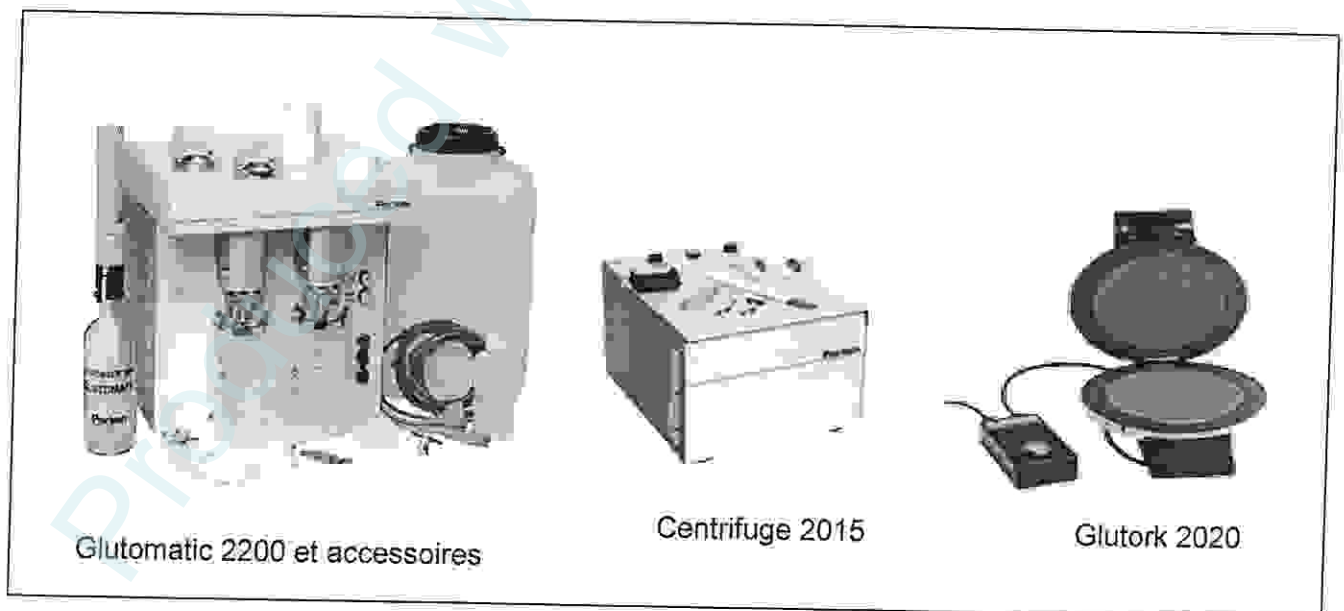


Figure 22 : Le système Glutomatic [36]

➤ **Mode opératoire**

Le principe de la méthode gluten Index est montré dans la figure (Fig.23)

Le mode opératoire se réalise en plusieurs étapes (Fig.24).

Tous les réactifs doivent être analytiques ; l'eau utilisée doit être distillée ; Chlorure de Sodium, solution à 20 g/l (préparation d'une solution fraîche chaque jour et l'utiliser à une température comprise entre 18 et 22°C. (Belkhir et Yalaoui, 2011)

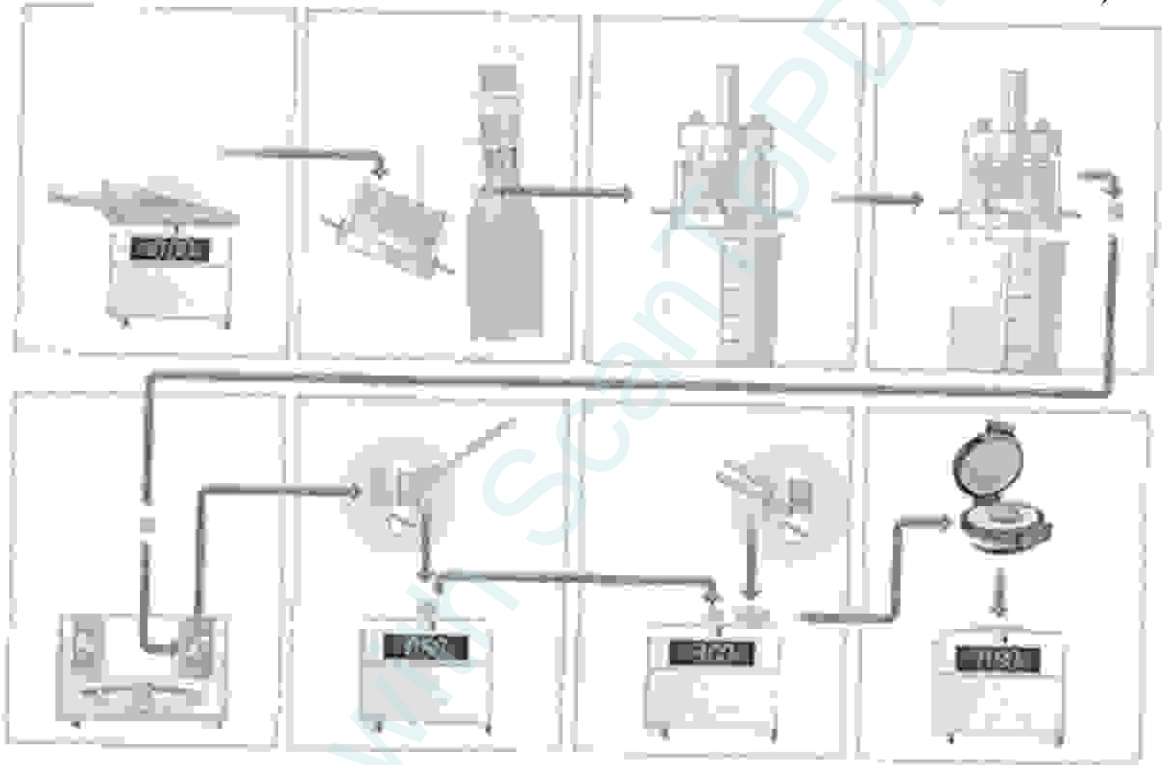


Figure 23 : Principe de la méthode Gluten Index. [32]

- **Prise d'essai**

Peser 10,0 g  $\pm$  0,01 g de farine et mettre la prise d'essai dans la chambre de lavage du Glutomatic équipée d'un d'un tamis en polyester de 88 $\mu$ . [32]

- **Addition de l'eau**

Verser 4,8 ml d'une solution de chlorure de sodium sur la mouture intégrale. [32]

- **Pétrissage**

La mouture intégrale, ou la farine et la solution de chlorure de sodium se mélangent et forment une pâte pendant la phase de pétrissage de 20 secondes. [32]

- **Lixiviation**

Lorsque la phase de pétrissage est terminée, la lixiviation démarre automatiquement et dure 5 minutes. [32]

L'échantillon de farine de blé est transféré vers la chambre équipée d'un tamis grossier de 840 microns permettant aux particules de son d'être lavées. [35]



- **Centrifugation**

30 secondes précisément après la fin du lavage, le morceau entier de gluten humide est transféré vers le tamis spécial et centrifugé pendant une minute dans le Centrifuge 2015 à  $6000 \pm 5$  rpm [32].

- **Pesée**

La fraction de gluten qui est passée à travers le tamis est grattée avec une spatule puis pesée.

La partie de gluten restant sur la filière est retirée avec des pinces et pesée avec la fraction précédente ; Le poids total du gluten humide est ainsi obtenu [32].

- **Séchage**

La totalité du gluten humide est séchée à  $150^{\circ}\text{C}$  minimum pendant 4 minutes dans le Glutork 2020. Après le séchage, on pèse le gluten [35].

➤ **Expression des résultats**

Le Gluten Index est la quantité de gluten qui reste dans le tamis de la centrifugeuse par rapport au poids total du gluten humide [35].

Le Gluten Index est la quantité de gluten qui reste dans le tamis de la centrifugeuse par rapport au poids total du gluten humide [35].

Selon Sakr (2007) les résultats sont exprimés comme suit :

$$\text{Gluten humide (\%)} = \frac{\text{moyenne de la masse des 2 pâtons humides} \times 100}{10}$$

$$\text{Gluten sec (\%)} = \frac{\text{moyenne des masses pâtons secs} \times 100}{10}$$

$$\text{Indice de Gluten (\%)} = \frac{\text{masse pâton humide} - \text{masse gluten faible}}{\text{Masse pâton humide}} \times 100$$

La différence entre les résultats de deux déterminations doit pas plus de 11 unités dans la gamme de 70 à 100 et 15 unités dans la plage inférieure à 70.

La différence entre 2 essais effectués simultanément ou l'un immédiatement après l'autre par le même opérateur ne doit pas dépasser 0,5% de la valeur du gluten humide.

Si non, une troisième détermination ou une duplication a nouveau doit être faite et la moyenne de tous les rendements des mesures le résultat.[28]

Les valeurs de répétabilité sont : 1,2 en valeur absolue pour la teneur en gluten humide et 9,6 en valeur absolue pour le Gluten Index (I.T.C.F.,2001).

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes


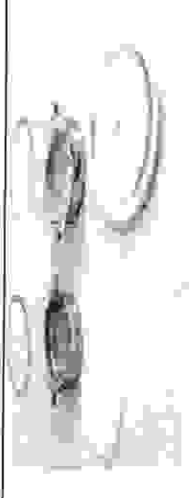














			
			
			
			

Figure 24 : Mode opératoire pour déterminer le Gluten Index avec le système Glutomatic.[43]

\*[28]

### 3-3-3- Méthode d'analyse statistique

Pour mieux décrire les différentes variables qui caractérisent chacune des types de blé dur étudiées, nous avons calculé certains paramètres statistiques de base tels que la moyenne arithmétique ( $\bar{X}$ ), qui est un paramètre de position et de tendance centrale et l'écart-type ( $\sigma$ ) qui mesure la dispersion des données autour de la moyenne. (Derbal, 2010).

La méthode d'analyse statistique suivis pour l'analyse de la variance afin de comparer ente les grains de blé dur des trois types à la fois c'est la méthode d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification, ainsi le cas pour les semoules de blé dur; Le test d'analyse de la variance à un critère ou à un facteur de classification consiste à comparer plus de deux moyennes de plusieurs populations à partir des données d'échantillons aléatoires simples et indépendants.

La réalisation du test se fait en comparant la valeur de Fobs avec une valeur théorique F1-  $\alpha$  extraite à partir de la table F de FISHER pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$ ; 0,01 ou 0,001 et pour K1 et K2 degrés de liberté.

Le test t de STUDENT consiste à comparer les moyennes de deux populations à l'aide des données de deux échantillons indépendants; Ce test a été utilisé pour comparer entre les types des blés ainsi les semoules, les moyennes de chaque caractéristique étudiée de chacune des 3 types; La réalisation du test t de STUDENT a été faite soit en comparant la valeur de t observée (tobs) avec la valeur théorique  $t_{1-\alpha/2}$  à partir de la table statistique t de STUDENT pour un niveau de signification  $\alpha = 0,05$  et pour un certain nombre de degrés de liberté (ddl).

Le HSD (*honestly significant difference*) intervals de Tukey : La technique du HSD de Tukey permet de comparer toutes les paires de moyennes et d'y montrer des différences avec un risque alpha.

La technique du HSD permet de spécifier un "*family confidence level*" pour les comparaisons que vous entreprenez [50].

#### N.B:

**ddl** = nombre de degré de liberté.

**SCE** = somme des carrés des écarts.

**CM** = carré moyen.

**F<sub>obs</sub>** = valeur observée de la variable F de FISHER.

**F** = valeur de F dans le tableau de FISHER

**P** = probabilité de mettre en évidence des différences significatives.

**E-(chiffre)** = à la puissance moins du chiffre.

**NS** = différence Non Significative

**\*** = différence juste significative

**\*\*** = différence hautement significative

**\*\*\*** = différence très hautement significative.



# Chapitre 4



RESULTATS

ET

DISCUSSION



## 4-1- Résultats relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur

### 4-1-1- Poids spécifique (P.S.)

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le poids spécifique des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.14) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.25).

Selon l'I.T.C.F. (2001), le règlement 824/2000, indique que le poids spécifique doit être 78kg/hl au minimum ; on remarque que les trois types de blé dur sont au dessus de ce seuil ; ce que les rend dans la norme.

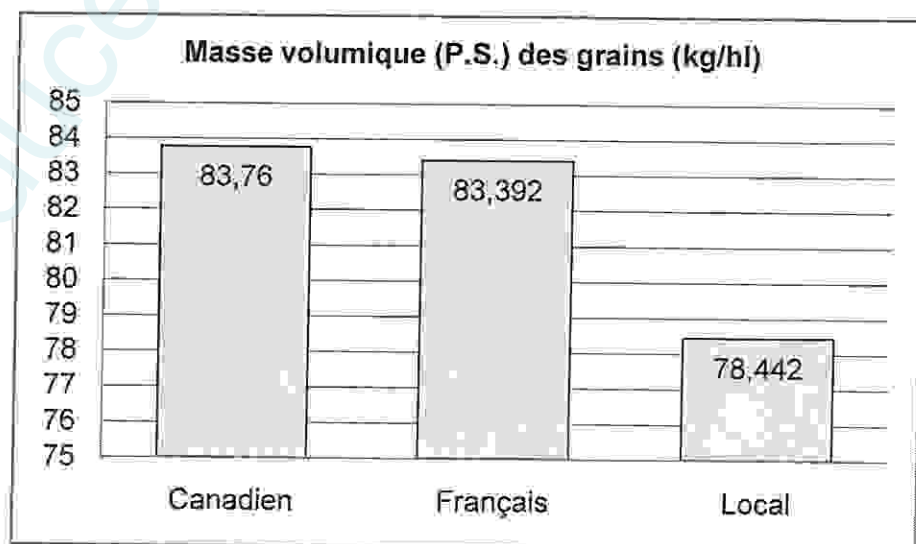
**Tableau 14** : Moyennes et écart-type pour le poids spécifique des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Masse volumique (PS) des grains (kg/hl)		
	Canadien	Français	Local
$\bar{X} \pm \sigma$	83,76 $\pm$ 0,0800	83,392 $\pm$ 0,1485	78,442 $\pm$ 0,0889

$\bar{X}$  = moyenne

$\sigma$  = écart-type

Sachant que la différence entre deux déterminations du poids spécifique ne doit pas excéder 2 Kg/hl; l'écart-type pour les différentes déterminations pour chaque type n'a pas dépassé même les 0,2 Kg/hl, ce qui argumente la précision et la validité des résultats. (I.T.C.F.,2001)



**Figure 25** : Résultats relatifs au poids spécifique des grains des 3 types de blé dur (Canadien, Français et Local).

Plus un blé est lourd par unité de volume, plus son rendement en farine extraite est grand, dans le cas du blé dur, le poids spécifique demeure utile comme indice de potentiel semoulier, ça nous permet de classer les différents types de blé dur par ordre décroissant par rapport à leurs poids spécifiques :

1. Canadien
2. Français
3. Local

Des poids à l'hectolitre trop restreints témoignent :

- Taux d'humidité trop élevé
- Grains trop allongés
- Téguments épais et sales
- Amandes molles et farineuses
- Grains atrophiés et ratatinés
- Graines cassées
- Germination sur pied
- Un pourcentage d'impuretés (M.S.D.A., 2004).

Le poids spécifique de blé Canadien est plus élevé de celui du blé Français malgré que ce dernier a un poids de mille grains et un taux de protéines élevés par rapport aux poids de mille grains et taux de protéines de blé Canadien, ce qui est illogique.

Tenant compte que le poids à l'hectolitre est influencé par la teneur en eau, puisque un poids spécifique restreint témoigne à des humidités élevées ; l'explication de ce résultat est liée à la teneur en eau (Tab.44) les grains de blé Canadien ont une teneur en eau inférieure à celle du blé Français.

Malgré que le blé Local présente la teneur en eau la plus petite par rapport au blé Canadien et au blé Français (Tab.44) on a remarqué que son poids spécifique est le plus petit parmi eux, ce résultat est expliqué par 3 arguments :

- 1- Le blé Local a la plus faible teneur en protéines en comparaison avec le blé Canadien et Français.
- 2- Le blé Local a le plus faible poids de mille grains en comparaison avec le blé Canadien et Français.
- 3- Le blé Local a le plus haut taux de mitadinage en comparaison avec le blé Canadien et Français, c'est-à-dire que les grains de blé Local sont farineux donc légers par rapport au volume qu'ils occupent.



L'analyse de la variance des résultats relatifs au poids à l'hectolitre des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.15).

**Tableau 15** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le poids spécifique.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	88,1984	2	44,0992	2911,4793	7,5659E-17	3,8852
A l'intérieur des types	0,1817	12	0,0151		***	
Total	88,3801	14				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est poids spécifique indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids à l'hectolitre de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.16)

**Tableau 16** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le poids spécifique.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Poids spécifique	8	83,76	83,392	4,363	0,0024 **	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids spécifique indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids à l'hectolitre de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.17).

**Tableau 17** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le poids spécifique.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Poids spécifique	8	83,392	78,442	57,203	9,6E-12 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids spécifique indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids à l'hectolitre de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.18).

**Tableau 18** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le poids spécifique.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Poids spécifique	8	83,76	78,442	88,955	2,8462E-13 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids spécifique indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est très hautement significative.

4-1-2- Poids de mille grains (MTQ)

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le poids de mille grains (PMG) sur matière telle quelle des différent types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.19) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.26).

La différence entre les résultats de deux essais ne doit pas dépasser 6% pour les grains ayant une masse supérieure à 25 gramme (I.T.C.F.,2001).

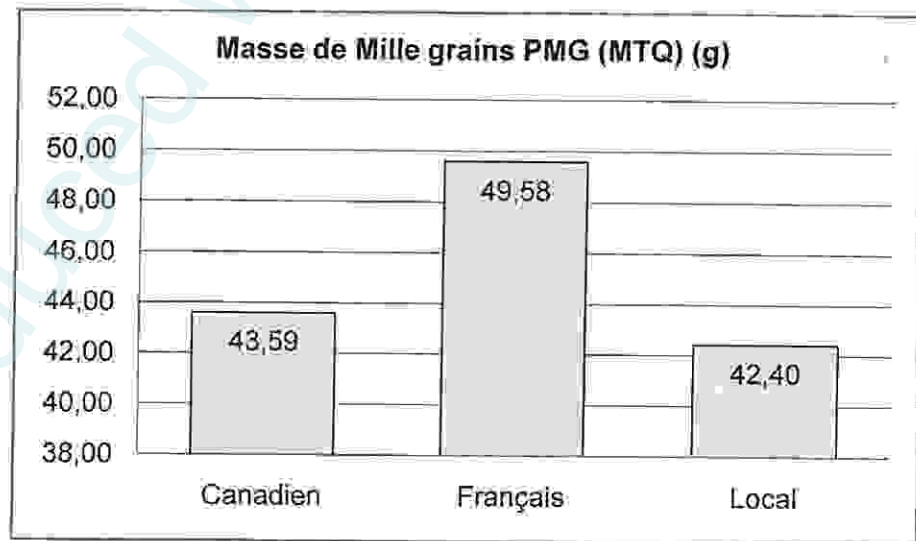
La différence entre les déterminations n'est pas dépasser : 1,23% pour le blé Canadien et 0,38% pour le blé Français et 2,54% pour le blé Local, ce qui argumente la fiabilité et la certitude des résultats.

**Tableau 19** : Moyennes et écart-type pour le poids de mille grains sur (MTQ) des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Masse de Mille grains PMG (MTQ) (g)		
Type de blé dur	Canadien	Français	Local
$\bar{X} \pm \sigma$	43,59 ± 0,5363	49,58 ± 0,1905	42,40 ± 1,0803

$\bar{X}$  = moyenne

$\sigma$  = écart-type



**Figure 26** : Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière telle quelle des 3 types de grains de blé dur (Canadien, Français et Local).



Selon Boufnar-zaghouane et zaghouane, (2006) un PMG soit :

- Très élevé lorsqu'il est supérieur à 45g
- Élevé lorsqu'il se trouve entre 35g-45g
- Moyen lorsqu'il est situé entre 30g-35g
- Faible lorsqu'il est inférieur à 30g.

Donc on déduit que le poids de mille grains sur matière telle quelle de blé Français est très élevé avec une valeur de 49,58.

Alors que le poids de mille grains du blé Canadien et du blé Local est élevé avec des valeurs de 43,59 et 42,40 respectivement.

Sachant que la différence entre les résultats de deux essais ne doit pas dépasser 6% pour les grains ayant une masse supérieure à 25 gramme (I.T.C.F.,2001) ; l'écart-type pour les différents détermination pour chaque type n'a pas dépassé même les 2 grammes pour tous les types de blé , c'est à dire une différence entre les résultats de 1,23 % pour le blé Canadien ; 0,38% pour le blé Français et 2,54% pour le blé local ce qui argumente la précision et la validité des résultats.

Connaître la masse de mille grains d'un échantillon de céréales donne des indications sur le mode d'élaboration du rendement et des problèmes que la plante a pu rencontrer pendant son développement. [7]

On peut classer par rapport au PMG sur matière telle quelle les différents types de blé dur par ordre décroissant comme suit :

1. Français
2. Canadien
3. Local

## Chapitre 4 : Résultats et Discussion

L'analyse de la variance des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière telle quelle des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.20)

**Tableau 20** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le poids de mille grains (MTQ).

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	148,0878	2	74,0439	119,1675	1,2133E-08 ***	3,8852
A l'intérieur des types	7,4561	12	0,6213			
Total	155,5440	14				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est le poids de mille grains sur matière telle quelle indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière telle quelle de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.21)

**Tableau 21** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le poids de mille grains (MTQ).

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Poids de mille grains (MTQ)	8	43,5888	49,580	21,053	2,7201E-08 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids de mille grains sur matière telle quelle indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière telle quelle de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.22)

**Tableau 22** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le poids de mille grains (MTQ).

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Poids de mille grains (MTQ)	8	49,5807	42,4016	13,087	1,1037E-06 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids de mille grains sur matière telle quelle indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière telle quelle de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.23)

**Tableau 23 :** Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le poids de mille grains (MTQ).

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Poids de mille grains (MTQ)	8	43,5888	42,4016	1,968	0,084 NS	2,306

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids de mille grains sur matière telle quelle indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est non significative.

**Remarque :**

La teneur en eau des grains n'est pas la même pour les différents types de blé ; Pour éliminer le doute que la teneur en eau élevée augmente le poids de mille grains malgré qui n'est pas ; on calcule le poids de mille grains sur matière sèche et ça réalisé en éliminant le pourcentage de la teneur en eau spécifique pour chaque type de blé du poids de mille grains sur matière telle quelle pour chaque type de blé (Canadien, Français, Local).

Les teneurs en eau pour chaque type de blé sont dans le tableau (Tab.44)



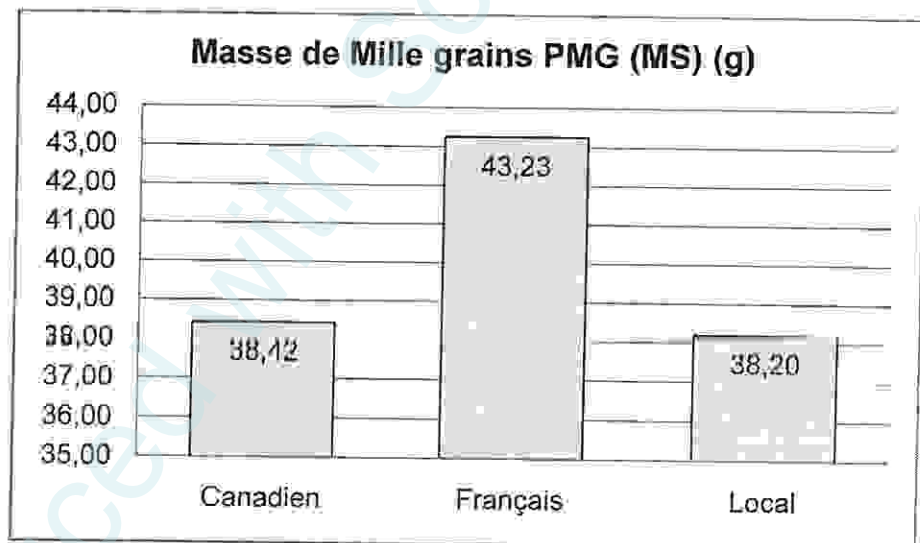
4-1-3- Poids de mille grains (MS)

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le poids de mille grains (PMG) sur matière sèche des différents types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.24) ainsi que leurs interprétations graphiques dans la figure (Fig.27).

**Tableau 24** : Moyennes et écart-type pour le poids de mille grains sur (MS) des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Masse de Mille grains PMG (MS) (g)		
Type de blé dur	Canadien	Français	Local
$\bar{X} \pm \sigma$	38,42 ± 0,4727	43,23 ± 0,1661	38,20 ± 0,9732

$\bar{X}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 27** : Résultats relatifs à la masse de mille grains sur matière sèche des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Du premier vue on remarque que le poids de mille grains sur matière sèche a diminué par rapport aux valeurs de poids de mille grains sur matière telle quelle, donc le classement va se diffère.

Le poids de mille grains sur matière sèche des 2 types de blé : Canadien, Local reste dans le même niveau c'est-à-dire élevé alors que celui de blé français a diminué du niveau très élevé au niveau élevé.

Malgré que le poids de mille grain de blé Français a été déclassé du PMG très élevé au PMG élevé, mais il garde toujours la première classe.

Le poids de mille grains sur matière sèche du blé Canadien 38,42 grammes et le blé Local 38,20 grammes, sont devenus très proche par rapport au poids de mille grains sur matière telle quelle pour les mêmes types de blé : (43,59 grammes pour le blé Canadien et 42,40 grammes pour le blé Local)

Donc les 3 types de blé ont un poids de mille grains sur matière sèche élevé (entre 35g-45g), mais on peut classer par rapport au PMG sur sèche les différents types de blé dur par ordre décroissant comme suit :

1. Français
2. Canadien
3. Local

L'analyse de la variance des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière sèche des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.25)

**Tableau 25** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le poids de mille grains sur (MS).

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	81,0475	2	40,5237	81,1666	1,0637E-07	3,8852
A l'intérieur des types	5,9911	12	0,4992		***	
Total	87,0387	14				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est le poids de mille grains sur matière sèche indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière sur matière sèche de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.26)

**Tableau 26**: Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le poids de mille grains sur (MS).

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Poids de mille grains (MS)	8	38,4191	43,2344	19,218	5,5705E-08 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids de mille grains sur matière sèche indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière sèche de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.27)

**Tableau 27** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le poids de mille grains sur (MS).

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Poids de mille grains (MS)	8	43,2344	38,1953	10,207	7,2785E-06 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids de mille grains sur matière sèche indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au poids de mille grains sur matière sèche de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.28)

**Tableau 28** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le poids de mille grains sur (MS).

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Poids de mille grains (MS)	8	38,4191	38,1953	0,4136	0,6899685 NS	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le poids de mille grains sur matière sèche indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est non significative.



4-1-4- Taux de mitadinage

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le taux de mitadinage des différents types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.29) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.28).

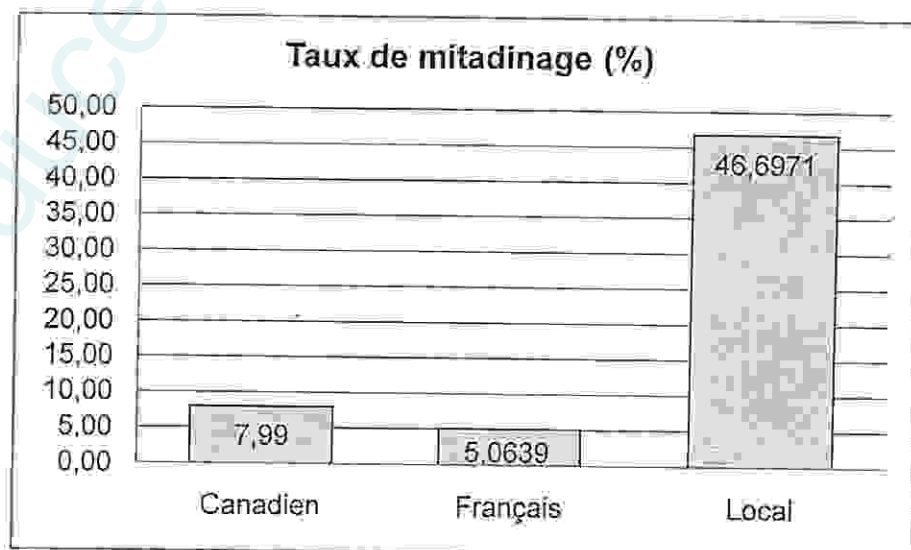
Selon le règlement 824/2000 (I.T.C.F.,2001) ,qui indique que le pourcentage maximal de grains mitadinés, même partiellement ne doit pas excéder 27% comme limite maximale ; on remarque que le blé français et le blé canadien représentent un taux de mitadinage qui se situ au dessous de 27% avec des valeurs de 7,99% et 5,0639 respectivement ce que les rend dans la norme.

Alors que le blé local présente un taux de mitadinage très élevé (presque le paire de seuil maximal) avec une valeur de 46,6971% ce qui le rond hors de la norme, ce qui diminue sa bonification.

**Tableau 29** : Moyennes et écart-type pour le taux de mitadinage des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Taux de mitadinage (%)		
Type de blé dur	Canadien	Français	Local
$\bar{X} \pm \sigma$	7,99 ± 1,6081	5,0639 ± 0,5540	46,6971 ± 1,7769

$\bar{X}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 28** : Résultats relatifs au taux de mitadinage des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Le grain de blé dur est normalement entièrement vitreux, un grain mitadiné présente à la coupe une ou plusieurs plages farineuses et a tendance, lors de la mouture, à se désagréger en farine et non à éclater en semoule, provoquant une diminution du rendement semoulier.

Le classement des différents types de blé dur selon un ordre décroissant par rapport à leurs taux de mitadinage est comme suit :

1. Local
2. Canadien
3. Français

Le mitadinage peut être provoqué, soit par une teneur en protéines des graines insuffisante, soit par des pluies peu avant la récolte.

L'analyse de la variance des résultats relatifs au taux de mitadinage des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.30)

**Tableau 30** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le taux de mitadinage.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	3240,0611	2	1620,0305	535,4974	1,7291E-07	5,1432
A l'intérieur des types	10,1516	6	1,6922		***	
Total	3258,2128	8				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est le taux de mitadinage indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de mitadinage de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.31)

**Tableau 31** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le taux de mitadinage.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Taux de mitadinage	4	7,9908	5,0638	2,4336	0,07170 NS	2,7764

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le taux de mitadinage indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est non significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de mitadinage de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.32)

**Tableau 32** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le taux de mitadinage.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Taux de mitadinage	4	5,0638	46,6970	31,632	5,9531E-06 ***	2,7764

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le taux de mitadinage indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de mitadinage de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.33)

**Tableau 33** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le taux de mitadinage.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Taux de mitadinage	4	7,9908	46,6970	22,840	2,1767E-05 ***	2,7764

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le taux de mitadinage indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est très hautement significative.



4-1-5- Taux de Vitrosité

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le taux de vitrosité des différents types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.34) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.29).

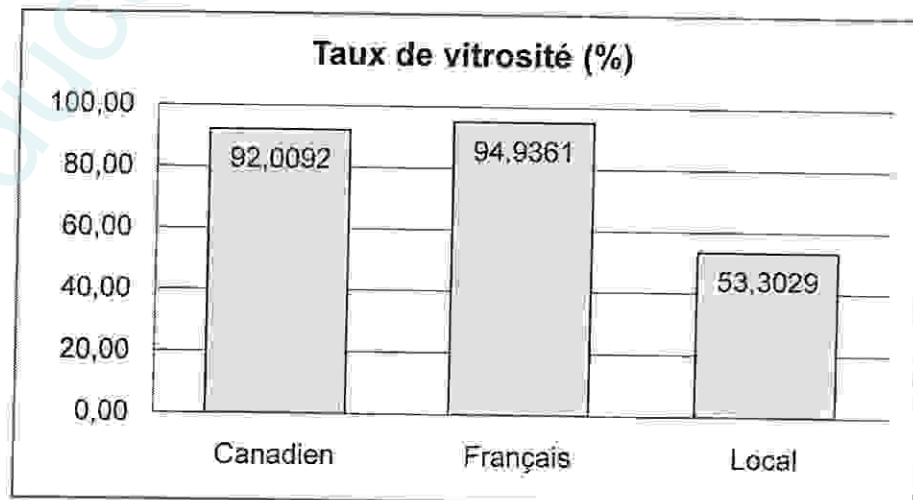
Il existe une relation entre la teneur en protéines totales et le mitadinage ; une teneur minimale en protéine de 14,5% assure un taux de vitrosité (opposé du mitadinage) d'au moins 80%.(I.T.C.F., 2001)

On remarque que le blé Canadien et le blé Français ont des taux de vitrosité élevés avec des pourcentages de 92,00% et 94,93% respectivement, et que ces taux de vitrosité sont supérieurs à 80%, ce qui est conforme à leur teneur en protéines (14,36% pour le blé Canadien et 14,56% pour le blé Français) ; alors que le blé local présente un taux de vitrosité médiocre ce qui est lié à sa faible teneur en protéines présenté par 12,98%.

**Tableau 34** : Moyennes et écart-type pour le taux de vitrosité des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Taux de Vitrosité (%)		
Type de blé dur	Canadien	Français	Local
$\bar{x} \pm \sigma$	92,0002 ± 1,6081	94,9301 ± 0,5540	53,3029 ± 1,7769

$\bar{x}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 29** : Résultats relatifs au taux de vitrosité des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Le grain de blé dur est normalement entièrement vitreux, le classement des différents types de blé dur selon un ordre décroissant par rapport à leurs taux de vitrosité est comme suit :

1. Français
2. Canadien
3. Local

L'analyse de la variance des résultats relatifs au taux de vitrosité des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.35)

**Tableau 35** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour le taux de vitrosité.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	3240,0611	2	1620,0305	535,4974	1,7291E-07	5,1432
A l'intérieur des types	18,1516	6	3,0252		***	
Total	3258,2128	8				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est le taux de vitrosité indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de vitrosité de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab 36)

**Tableau 36** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour le taux de vitrosité.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Taux de vitrosité	4	92,0091	94,9361	2,4336	0,07170141 NS	2,7764

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le taux de vitrosité indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est non significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de vitrosité de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.37)

**Tableau 37** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour le taux de vitrosité.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Taux de vitrosité	4	94,9361	53,3029	31,632	5,9531E-06 ***	2,7764

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le taux de vitrosité indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de vitrosité de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.38)

**Tableau 38** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour le taux de vitrosité.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Taux de vitrosité	4	92,0091	53,3029	22,840	2,1707E-05 ***	2,7764

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est le taux de vitrosité indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est très hautement significative.

Comme le Taux de mitadinage est l'opposé de taux de vitrosité c'est-à-dire lorsque le taux de mitadinage augmente le taux de vitrosité diminue, et vice versa, les figures (Fig.30, 31 et 32) représente des secteurs des deux taux (mitadinage/vitrosité) au sein des trois types de blé dur Canadien, Français et Local.

Comme les figures montre le taux de vitrosité des grains de blé Canadien et Français, est le dominant.

Par contre chez le blé Local le taux de mitadinage est celui qui prédomine, et ça lié à des carences du sol en azote à un stade de développement de la plante de blé.



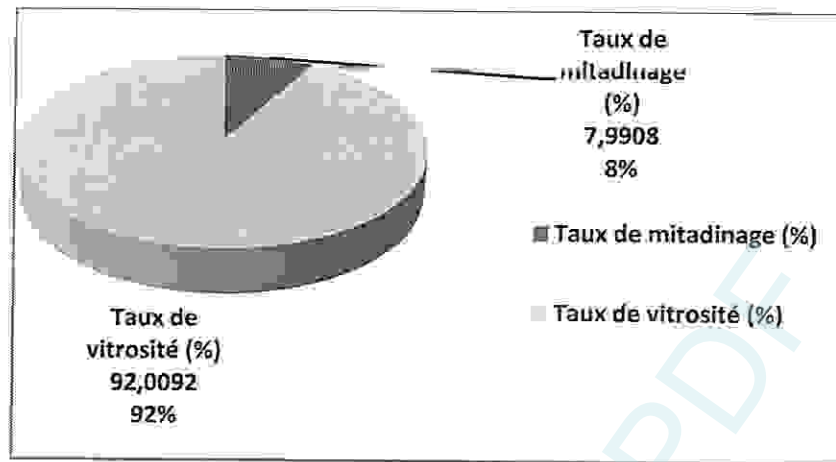


Figure 30 : Représentation graphique en secteur des taux (mitadinage/vitrosité) pour le blé Canadien

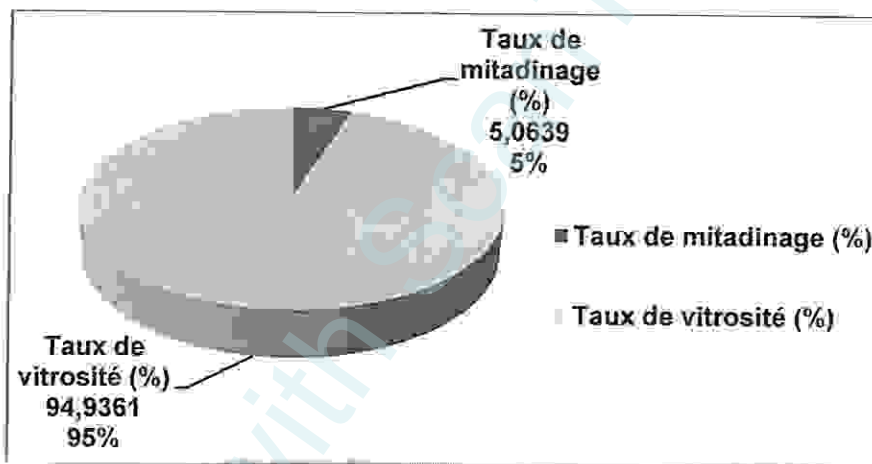


Figure 31 : Représentation graphique en secteur des taux (mitadinage/vitrosité) pour le blé Français

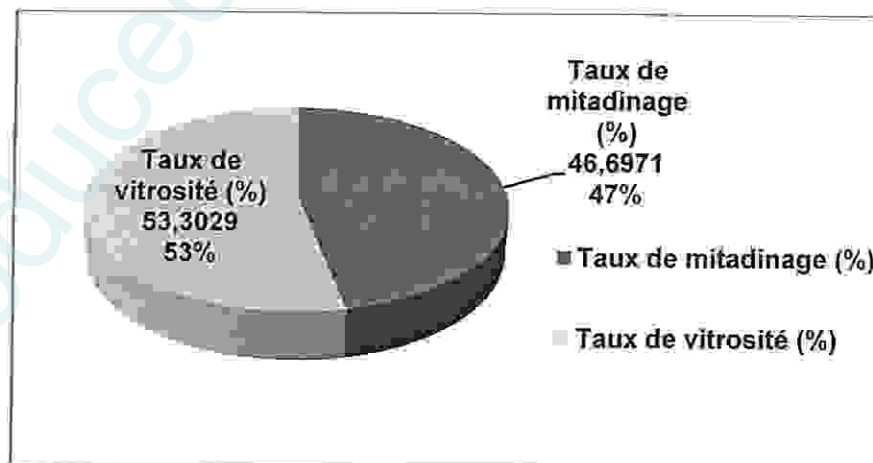


Figure 32 : Représentation graphique en secteur des taux (mitadinage/vitrosité) pour le blé Local

4-1-6- Teneur en protéines

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour la teneur en protéines des différents types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.39) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.33).

Selon le règlement 824/2000 (I.T.C.F.,2001) ,qui indique que la teneur en protéine doit être supérieur à 11,5% ; on remarque que les trois types de blé dur sont au dessus de ce seuil ; ce que les rend dans la norme.

Plus la teneur en protéines augmente, plus les pâtes alimentaires seront fermes, et moins elles seront collantes ;

Les pâtes alimentaires provenant d'une semoule riche en protéines ont une bonne résistance physique et une bonne élasticité; une fois cuites. (Dexter et Edwards, 1998)

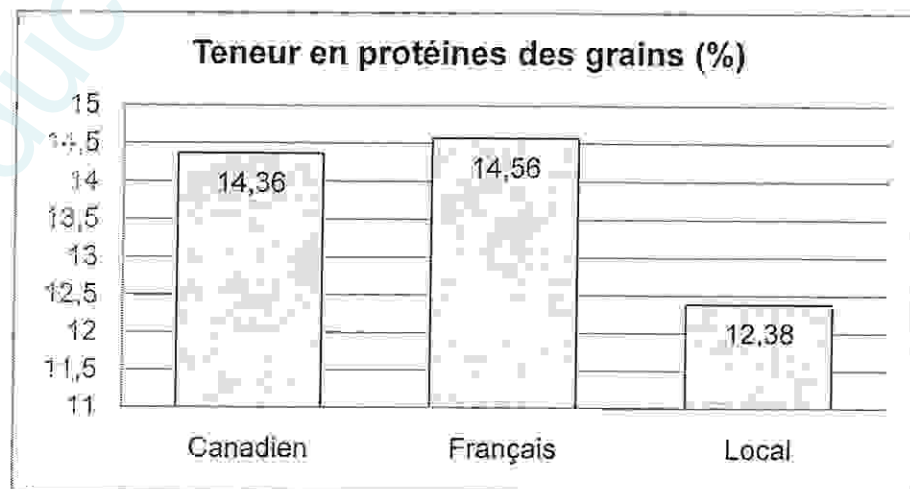
La différence entre les différentes déterminations de la teneur en protéine est lié à la fiabilité de l'appareil utiliser lors de la détermination ; dans notre cas l'Infratec™1241, a donné des l'écart-type très restreints, ce qui argumente la précision fiabilité de l'appareil.

**Tableau 39** : Moyennes et écart-type pour la teneur en protéines des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Teneur en protéines des grains (%)		
Type de blé dur	Canadien	Français	Local
$\bar{X} \pm \sigma$	14,36 ± 0,1019	14,56 ± 0,0800	12,38 ± 0,0980

$\bar{X}$  = moyenne

$\sigma$  = écart-type



**Figure 33** : Résultats relatifs à la teneur en protéines des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Le classement des différents types de blé dur selon un ordre décroissant par rapport à leurs teneur en protéine est comme suit:

1. Français
2. Canadien
3. Local

Toute carence azotée dans les jours qui suivent la floraison (phase dans stade de développement de blé réduit la synthèse protéique et par la suite donne des graines présent un taux de restreint. [46]

En effet, il existe une relation entre la teneur en protéines totales et le mitadinage ; c'est pour ça la teneur en protéines du blé Local est faible, puisqu'il présente un taux de mitadinage très élevé 46,6971% (Voir le tableau (Tab.29)

L'analyse de la variance des résultats relatifs au teneur en protéine des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.40)

**Tableau 40** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour la teneur en protéines.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	14,5213	2	7,2606	660,060	5,3435E-13	3,8852
A l'intérieur des types	0,1320	12	0,011		***	
Total	14,6533	14				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est la teneur en protéine indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au teneur en protéine de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.41)

**Tableau 41** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) la teneur en protéines.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Teneur en protéines	8	14,36	14,56	3,086	0,0149785 *	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est la teneur en protéine indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est juste significative.



L'analyse des moyennes des résultats relatifs au teneur en protéine de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.42)

**Tableau 42** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) la teneur en protéines.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Teneur en protéines	8	14,56	12,38	34,468	5,4867E-10 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est la teneur en protéine indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au teneur en protéine de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.43)

**Tableau 43** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour la teneur en protéines.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Teneur en protéines	8	14,36	12,38	28,001	2,857E-09 ***	2,3060

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est la teneur en protéine indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est très hautement significative.

4-1-7- Teneur en eau

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour la teneur en eau des différents types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.44) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.34).

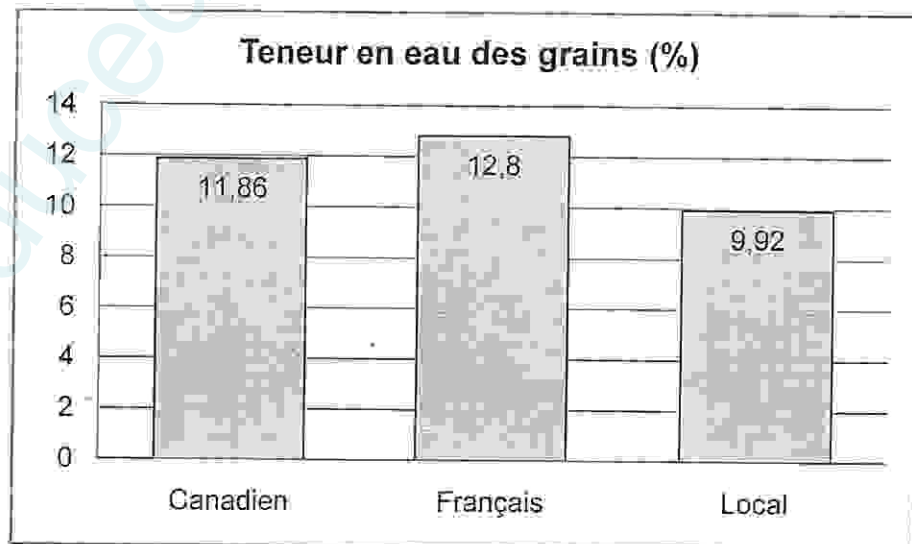
Selon le règlement 824/2000 (I.T.C.F.,2001) ,qui indique que la teneur en eau ne doit pas dépasser 14,5% comme valeur maximale ; on remarque que les trois types de blé dur sont au dessus de ce seuil ; ce que les rend dans la norme.

La différence entre les différentes déterminations de la teneur en eau est lié à la fiabilité de l'appareil utiliser lors de la détermination ; dans notre cas l'Infracotec™1241, a donné des l'écart-type très restreints (un écart allant jusqu'au le zéro absolu !) ce qui argumente la précision fiabilité de l'appareil.

**Tableau 44** : Moyennes et écart-type pour la teneur en eau des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Test	Teneur en eau des grains (%)		
Type de blé dur	Canadien	Français	Local
$\bar{X} \pm \sigma$	11,86 ± 0,0489	12,8 ± 0,0000	9,92 ± 0,1166

$\bar{X}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 34** : Résultats relatifs à la teneur en eau des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Pour des Intérêts réglementaire, technologies et commerciales, on peut classer les différentes variétés de blé dur selon un ordre décroissant par rapport à plus minimale teneur en eau comme suit :

1. Local
2. Canadien
3. Français

L'analyse de la variance des résultats relatifs au teneur en eau des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.45)

**Tableau 45 :** Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) pour la teneur en eau.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	21,5693	2	10,7846	1617,7000	2,5461E-15	3,8852
A l'intérieur des types	0,0800	12	0,0066		***	
Total	21,6493	14				

La comparaison entre les 3 types de blé dur à la fois à un critère qui est la teneur en eau indique que la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au teneur en eau de 2 types de blé dur (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.46)

**Tableau 46 :** Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Français) pour la teneur en eau.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Français			
Teneur en eau	8	11,86	12,8	38,375	2,3352E-10 ***	2,306

La comparaison entre 2 types de blé dur à un critère qui est la teneur en eau indique que la différence entre les 2 types de blé dur (Canadien, Français) est très hautement significative.



L'analyse des moyennes des résultats relatifs au teneur en eau de 2 types de blé dur (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.47)

**Tableau 47** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Français, Local) pour la teneur en eau.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Français	Local			
Teneur en eau	8	12,8	9,92	49,391	3,1252E-11 ***	2,3060

La comparaison ente 2 types de blé dur à un critère qui est la teneur en eau indique que la différence ente les 2 types de blé dur (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au teneur en eau de 2 types de blé dur (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.48)

**Tableau 48** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de blé dur (Canadien, Local) pour la teneur en eau.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadien	Local			
Teneur en eau	8	11,86	9,92	30,674	1,3861E-09 ***	2,306

La comparaison ente 2 types de blé dur à un critère qui est la teneur en eau indique que la différence ente les 2 types de blé dur (Canadien, Local) est très hautement significative.

## 4-2- Résultats relatifs aux caractéristiques des semoules de blé dur

### 4-2-1- Humidité de semoule

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour l'humidité de la semoule des différents types de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.49) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.35).

Selon la norme codex pour la semoule et la farine de blé dur (codex stan 178-1991) une teneur en eau soit 14,5 % m/m maximum.

On remarque que les de semoules des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) sont a l'entour du seuil ; ce qui les rends dans la norme.

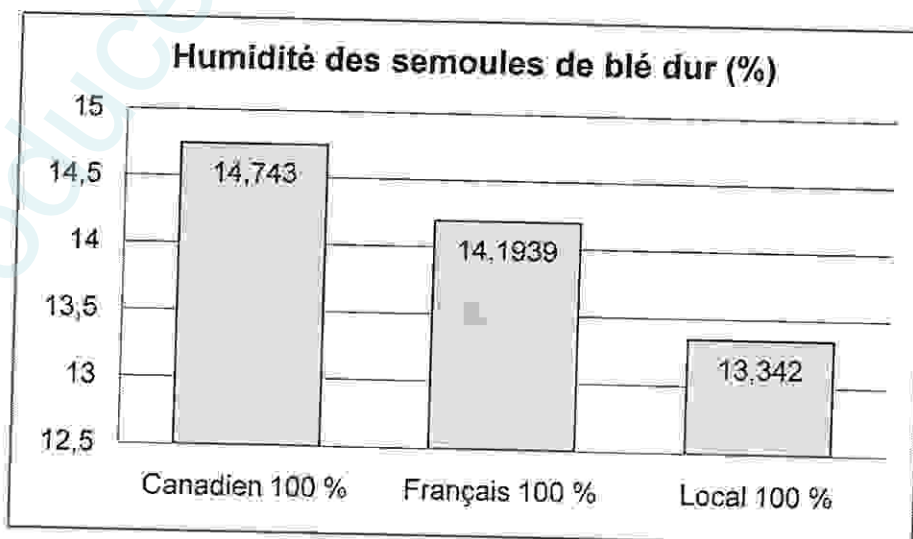
**Tableau 49** : Moyennes et écart-type pour le taux d'humidité des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Test	Taux d'humidité de semoule de blé dur (%)		
	Canadien 100 %	Français 100 %	Local 100 %
$\bar{X} \pm \sigma$	14,7430 $\pm$ 0,0110	14,1939 $\pm$ 0,0081	13,3420 $\pm$ 0,0060

$\bar{X}$  = moyenne

$\sigma$  = écart-type

Sachant que la différence entre deux déterminations du teneur en eau de la semoule de blé dur ne doit pas excéder 0,15 g d'humidité pour 100 g; l'écart-type pour les différentes déterminations pour chaque type de semoule de blé dur n'a pas dépassé cette valeur, ce qui argumente la précision et la validité des résultats.



**Figure 35** : Résultats relatifs à l'humidité des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Pour la l'humidité de la semoule, on ne peut pas tenir en compte ce paramètre comme un critère de classification de la semoule, puisque il n'a pas l'importance suffisante pour l'être, on détermine la teneur en eau de la semoule pour savoir la fiabilité de mouillage et que le blé dur a reçu la quantité d'eau précise.

Les gouvernements acceptant la norme sont priés d'indiquer et de justifier les critères applicables dans leur pays.

L'analyse de la variance des résultats relatifs au humidité des 3 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blé durs (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.50)

**Tableau 50** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour l'humidité de la semoule.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	1,9933	2	0,9966	6692,5260	3,35433E-06 ***	9,5520
A l'intérieur des types	0,0004	3	0,0001			
Total	1,9937	5				

La comparaison ente les 3 types de semoules de blé dur à la fois à un critère qui est l'humidité indique que la différence ente les 3 types de semoules pures de blé dur blé dur (Canadienne, Française, Locale) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'humidité de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.51)

**Tableau 51** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour l'humidité de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Française			
Humidité de semoule	2	14,743	14,193	40,115	0,00062083 ***	4,3026

La comparaison ente 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'humidité indique que la différence ente les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est très hautement significative.



L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'humidité de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.52)

**Tableau 52 :** Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour l'humidité de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Française	Locale			
Humidité de semoule	2	14,193	13,342	84,188	0,00014106 ***	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'humidité indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'humidité indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.53)

**Tableau 53 :** Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour l'humidité de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Locale			
Humidité de semoule	2	14,743	13,342	111,81	7,9978E-05 ***	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'humidité indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est très hautement significative

4-2-2- Taux de cendres de semoule (MTQ)

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le taux de cendres sur matière telle quelle de la semoule des différents types de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.54) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.36).

La mesure de la teneur en cendres à un intérêt essentiellement réglementaire ; Elle permet de classer les farines et les semoules

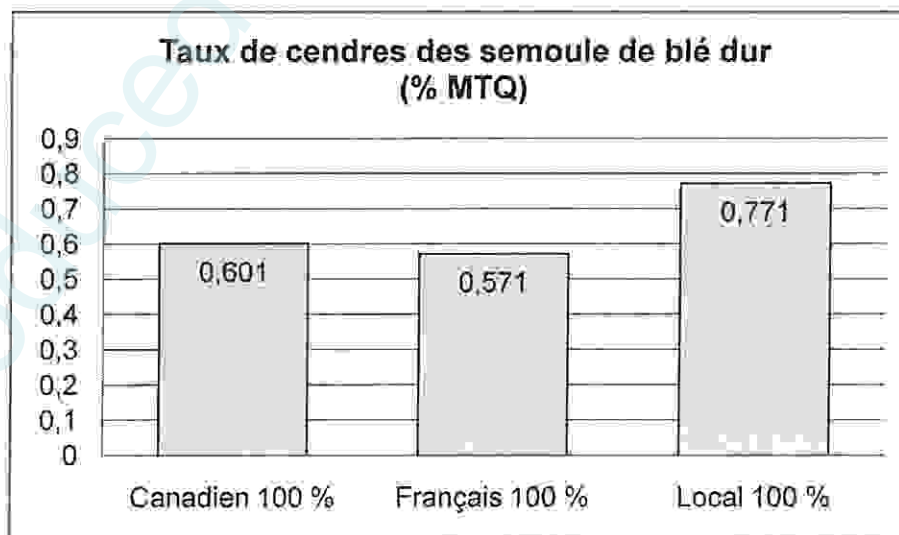
- Semoules supérieures : taux de cendres maximum de 1,10% (tolérance 10%).
- Semoule courante : taux de cendres maximum de 1,30% (tolérance 20%).

On remarque que les trois types de semoules de blé dur sont au dessous du seuil maximum ce qui les rend d'une part dans la norme (norme AFNOR NF V03-720 de décembre 1981) et présente une haute qualité avec cette faible teneur d'autre part.

**Tableau 54** : Moyennes et écart-type pour le taux de cendres sur (MTQ) des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Test	Taux de cendres de semoule de blé dur (% MTQ)		
Type de blé dur	Canadien 100 %	Français 100 %	Local 100 %
$\bar{X} \pm \sigma$	0,6010 $\pm$ 0,0010	0,5710 $\pm$ 0,0010	0,7710 $\pm$ 0,0090

$\bar{X}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 36** : Résultats relatifs à la teneur en cendres sur matière telle quelle des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Sachant que la différence entre deux déterminations de la teneur en cendres sur matière telle quelle du même type de semoule de blé dur ne doit pas excéder 0,02 en valeur absolue pour des teneurs en cendres inférieurs à 1%; l'écart-type pour les différentes déterminations pour chaque type de semoule de blé dur n'a pas dépassé cette valeur, ce qui argumente la précision et la validité des résultats.

Le classement des 3 types de semoules par le biais d'avoir la plus petite teneur en cendres sur matière telle quelle par rapport à les autres comme suit :

1. Française
2. Canadienne
3. Locale

L'analyse de la variance des résultats relatifs au taux de cendres sur matière telle quelle des 3 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.55)

**Tableau 55** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	0,0465	2	0,0232	421,1592	0,0002 ***	9,552
A l'intérieur des types	0,0001	3	5,524E-05			
Total	0,0466	5				

La comparaison entre les 3 types de semoules de blé dur à la fois à un critère qui est le taux de cendres sur matière telle quelle indique que la différence entre les 3 types de semoules pures de blé dur (Canadienne, Française, Locale) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de cendres sur matière telle quelle de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.56)

**Tableau 56** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Française			
Taux de cendres de semoule (MTQ)	2	0,601	0,571	21,213	0,00221484 **	4,302



La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est le taux de cendres sur matière telle quelle indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de cendres sur matière telle quelle de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.57)

**Tableau 57** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Française	Locale			
Taux de cendres de semoule (MTQ)	2	0,571	0,770	22,104	0,00204039 **	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est le taux de cendres sur matière telle quelle indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de cendres sur matière telle quelle de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.58)

**Tableau 58** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MTQ) de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Locale			
Taux de cendres de semoule (MTQ)	2	0,601	0,770	18,788	0,00282079 **	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est le taux de cendres sur matière telle quelle indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est hautement significative.

**Remarque**

Pour éliminer le doute que la teneur en eau a influencer les valeurs de la teneur en cendres ; on calcule taux de cendres sur matière sèche et ça réalisé en éliminant le pourcentage de l'humidité spécifique pour chaque type de semoule (Tab.49) du taux de cendres sur matière telle quelle pour chaque type de semoule de blé.

**4-2-3- Taux de cendres de semoule (MS)**

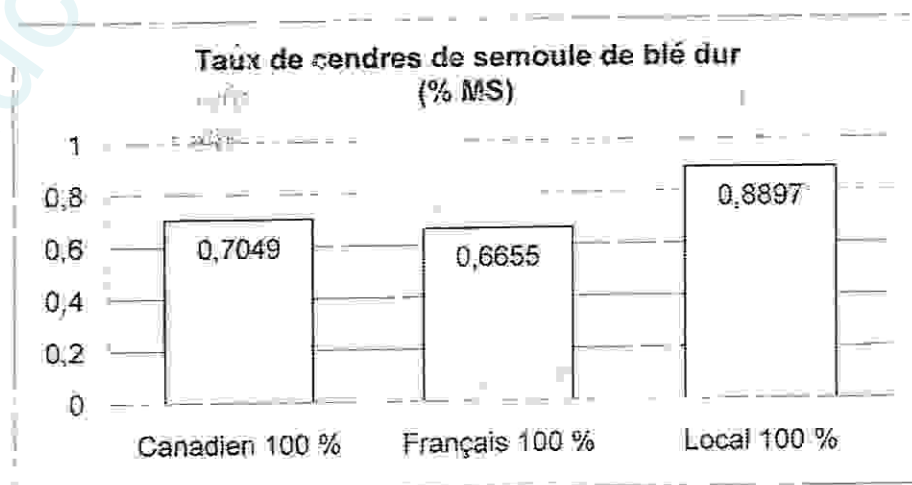
Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le taux de cendres sur matière sèche de la semoule des différents types de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.59) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.37).

Sachant que la différence entre deux déterminations de la teneur en cendres sur matière sèche du même type de semoule de blé dur ne doit pas excéder 0,02 en valeur absolue pour des teneurs en cendres inférieurs à 1%; l'écart-type pour les différentes déterminations pour chaque type de semoule de blé dur n'a pas dépassé cette valeur, ce qui argumente la précision et la validité des résultats.

**Tableau 59** : Moyennes et écart-type pour le taux de cendres sur (MS) des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Test	Taux de cendres de semoule de blé dur (% MS)		
	Canadien 100 %	Français 100 %	Local 100 %
$\bar{X} \pm \sigma$	0,7049 ± 0,0012	0,6655 ± 0,0012	0,8897 ± 0,0104

$\bar{X}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 37** : Résultats relatifs à la teneur en cendres sur matière sèche des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Du premier vue on remarque que le taux de cendre sur matière sèche est plus élevé par rapport au taux de cendre sur matière telle quelle.

Les valeurs de taux de cendre sur matière sèche pour les semoules des différents types de blé (Canadien, Français, Local) sont au dessous de 1,10%, ce qui les rend d'une part dans les normes et présente une haute qualité pour cette faible teneur d'autre part ; Mais ça nous empêche pas de classer ces 3 types de semoules par le biais d'avoir la plus petite teneur en cendres sur matière sèche par rapport à les autres comme suit :

1. Française
2. Canadienne
3. Locale

L'analyse de la variance des résultats relatifs au taux de cendres sur matière sèche des 3 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blé durs (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.60)

**Tableau 60** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français 100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	0,0573	2	0,0286	389,3780	0,0002	9,5520
A l'intérieur des types	0,0002	3	7,3606E-05		***	
Total	0,0575	5				

La comparaison ente les 3 types de semoules de blé dur à la fois à un critère qui est le taux de cendres sur matière sèche indique que la différence ente les 3 types de semoules pures de blé dur (Canadienne, Française, Locale) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de cendres sur matière sèche de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.61)

**Tableau 61** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Française			
Taux de cendres de semoule (MS)	2	0,704	0,665	23,873	0,00174999 **	4,302



La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est le taux de cendres sur matière sèche indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de cendres sur matière sèche de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.62)

**Tableau 62** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français 100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Française	Locale			
Taux de cendres de semoule (MS)	2	0,665	0,889	21,475	0,00216131 **	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est le taux de cendres sur matière sèche indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est hautement significative

L'analyse des moyennes des résultats relatifs au taux de cendres sur matière sèche de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.63)

**Tableau 63** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour le taux de cendres sur (MS) de la semoule.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Locale			
Taux de cendres de semoule (MS)	2	0,704	0,889	17,693	0,00317907 **	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est le taux de cendres sur matière sèche indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est hautement significative.

4-2-4- Couleur de la semoule

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour la couleur de la semoule avec les différents indices (L\* indice de clarté, a\* indice de brun, b\* indice de jaune) de la semoule des différents types de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.64) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.38).

Le consommateur cherche des pâtes claires de belle couleur jaune ambrée qui ne présente pas des piqures.

La législation interdisant au fabricant toute adjonction de colorant dans les pâtes alimentaires et dans l'emballage, leurs couleur ne peut provenir que de celle de la semoule et par conséquent de celle de blé.

La couleur est appréciée par deux indices (jaune et brun) : l'idéal est un indice de jaune élevé et un indice de brun faible.

Tableau 64 : Moyennes et écart-type pour les indices de couleur des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Test	Couleur de semoule de blé dur		
	Canadien 100%	Français 100%	Local 100%
L*	84,0100 ± 0,0616	83,1167 ± 0,1027	84,0367 ± 0,1870
a*	-3,0667 ± 0,0125	-2,5200 ± 0,0082	-1,8467 ± 0,0249
b*	36,0667 ± 0,1841	34,8433 ± 0,0519	26,2767 ± 0,1721
Indice brun	-3,0667 ± 0,0125	-2,5200 ± 0,0082	-1,8467 ± 0,0249
Indice jaune	36,0667 ± 0,1840	34,8433 ± 0,0519	26,2767 ± 0,1721

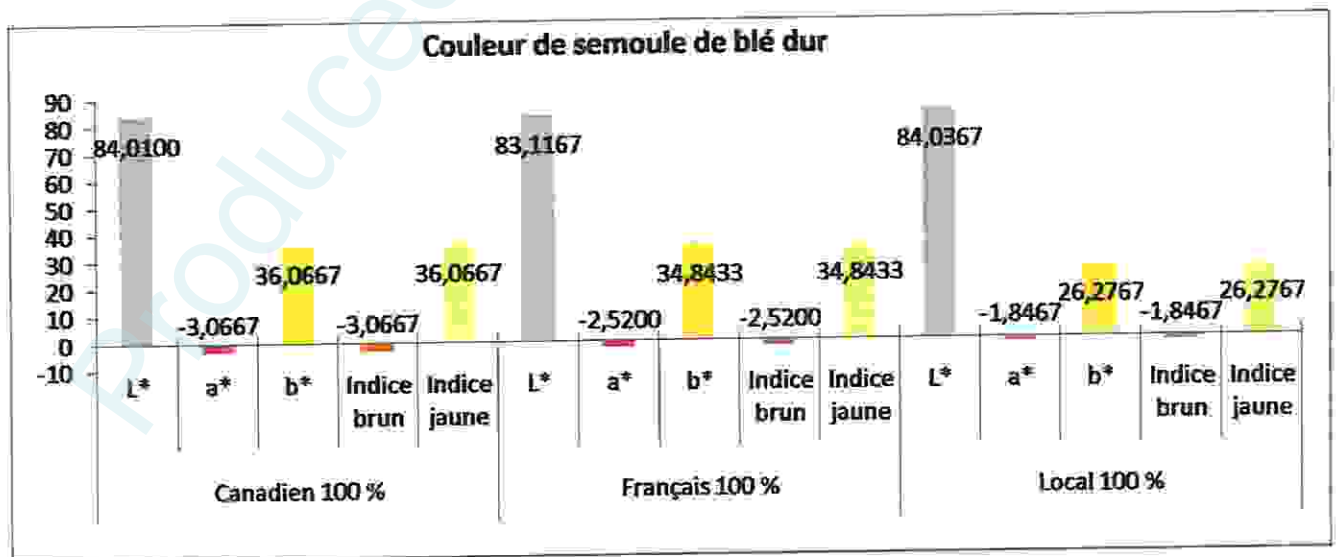


Figure 38 : Résultats relatifs aux indices de couleur des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%)

Pour la semoule du blé Canadien :

1. L'indice de clarté ( $L^*$ ) ; témoigne à une couleur vire vers le blanchâtre ; est élevé avec une valeur de 84,0100.
2. L'indice de brun ( $a^*$ ) présente une valeur négative de -3,0667, donc la couleur vire vers la couleur verte (valeur négative).
3. L'indice de jaune ( $b^*$ ) donne une valeur de 36,06 qu'elle est peu loin de 37, on constate que la semoule ne présente pas des piqures et témoigne à un taux de cendres diminué. donc la semoule de blé Canadien présente un bon indice de jaune.

À partir de l'analyse des indices caractérisant la semoule du blé Canadien en se basant surtout sur l'indice de brun et l'indice de jaune, on déduit que cette semoule présente une belle couleur.

Pour la semoule du blé Français :

1. L'indice de clarté ( $L^*$ ) ; témoigne à une couleur vire vers le blanchâtre ; est élevé avec une valeur de 83,1167.
2. L'indice de brun ( $a^*$ ) présente une valeur négative de -2,5200, donc la couleur vire vers la couleur verte (valeur négative).
3. L'indice de jaune ( $b^*$ ) donne une valeur de 34,8433 qu'elle est peu loin de 37, mais n'est pas meilleur que celle de la semoule du blé Canadien, on constate que la semoule de blé Français ne présente pas des piqures et témoigne à un taux de cendres diminué, donc cette semoule présente un bon indice de jaune

À partir de l'analyse des indices caractérisant la semoule du blé Français en se basant surtout sur l'indice de brun et l'indice de jaune, on déduit que cette semoule présente une belle couleur.



Pour la semoule du blé Local :

1. L'indice de clarté ( $L^*$ ) ; témoigne à une couleur vire vers le blanchâtre ; est élevé avec une valeur de 84,0367, c'est la valeur la plus élevée parmi les semoules de blé Canadien et Français.
2. L'indice de brun ( $a^*$ ) présente une valeur négative de -1,8467, mais elle est proche de la neutralité allant jusqu'au le rouge contrairement à les 2 autres types de semoule.
3. L'indice de jaune donne une valeur de 26,27 et qu'elle est loin de 37, et ça lié à deux facteurs d'une part que la semoule présentes des piqûres, et que la semoule riches en son (teneur en cendres de la semoule de blé Local (Tab. 54 et 59) est élevée) d'autre part ; donc le blé Local ne présente pas un bon indice de jaune.

À partir de l'analyse des indices caractérisant la semoule du blé Local en se basant surtout sur l'indice de brun et l'indice de jaune, on déduit que cette semoule présente soit des piqûres soit riche en son, donc sa couleur est plus au moins belle.

Les trois types de semoules de blé dur présentent des bons indice de brun ; mais on peut classer ces 3 types de semoules par le biais d'avoir le plus bas indice de brun par rapport à les autres comme suit :

1. Canadienne
2. Française
3. Locale

La variabilité entre trois types de semoules de blé dur se présente dans les valeurs de l'indice de jaune ; ça nous permet de classer ces 3 types de semoules par le biais d'avoir la plus haut indice de jaune par rapport à les autres comme suit :

1. Canadienne
2. Française
3. Locale

Le classement des trois types de semoules de blé dur par le biais d'avoir à la fois, le plus bas indice de brun et le plus haut indice de jaune par rapport à les autres est comme suit :

1. Canadienne
2. Française
3. Locale

4-2-4-1- Indice de brun

L'analyse de la variance des résultats relatifs à l'indice de brun des 3 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.65)

**Tableau 65** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour IB.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	2,2406	2	1,1203	2653,3684	1,44E-09	5,1432
A l'intérieur des types	0,0025	6	0,0004		***	
Total	2,2431	8				

La comparaison entre les 3 types de semoules de blé dur à la fois à un critère qui est l'indice de brun indique que la différence entre les 3 types de semoules pures de blé dur (Canadienne, Française, Locale) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'indice de brun de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.66)

**Tableau 66** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour l'IB.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Française			
Indice de brun	4	-3,066	-2,52	51,861	8,2737E-07 ***	2,776

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de brun indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'indice de brun de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.67)

**Tableau 67** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour l'IB.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Française	Locale			
Indice de brun	4	-2,52	-1,846	36,280	3,4457E-06 ***	2,776

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de brun indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'indice de brun de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.68)

**Tableau 68** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour l'IB.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Locale			
Indice de brun	4	-3,066	-1,846	61,865	4,0889E-07 ***	2,776

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de brun indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est très hautement significative.



4-2-4-2- Indice de jaune

L'analyse de la variance des résultats relatifs à l'indice de jaune des 3 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.69)

**Tableau 69** : Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100% Local100%) pour l'IJ.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	170,7284	2	85,3642	2578,9791	1,5686E-09	5,1432
A l'intérieur des types	0,1986	6	0,0331		***	
Total	170,9270	8				

La comparaison entre les 3 types de semoules de blé dur à la fois à un critère qui est l'indice de jaune indique que la différence entre les 3 types de semoules pures de blé dur (Canadienne, Française, Locale) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'indice de jaune de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.70)

**Tableau 70** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour l'IJ.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Française			
Indice de jaune	4	36,066	34,843	9,0458	0,0008275 ***	2,776

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de jaune indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'indice de jaune de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.71)

**Tableau 71** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour l' pour l'IJ.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Française	Locale			
Indice de jaune	4	34,843	26,276	67,398	2,9034E-07 ***	2,776

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de jaune indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'indice de jaune de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.72)

**Tableau 72** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour l'IJ.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Locale			
Indice de jaune	4	36,066	26,276	54,937	6,5721E-07 ***	2,776

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de jaune indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est très hautement significative.

#### 4-2-5- Indice de gluten

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour le : taux de gluten faible, taux de gluten humide, taux de gluten sec ainsi que l'Indice de gluten (IG) des différents types de semoule de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.73) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.39).

Sachant que la différence entre deux déterminations ne doit pas excéder :  
1,2 en valeur absolue pour la teneur en gluten humide.  
9,6 en valeur absolue pour le gluten index. (I.T.C.F.,2001).

L'écart-type pour gluten humide présente une valeur de 0,35 pour la semoule du blé Canadien, 0,15 pour la semoule du blé Français et 0,05 pour la semoule du blé Local.

L'écart-type du gluten humide des différentes déterminations pour chaque type de semoule de blé dur n'a pas dépassé 1,2 en valeur absolue, ce qui argumente la précision et la validité des résultats.

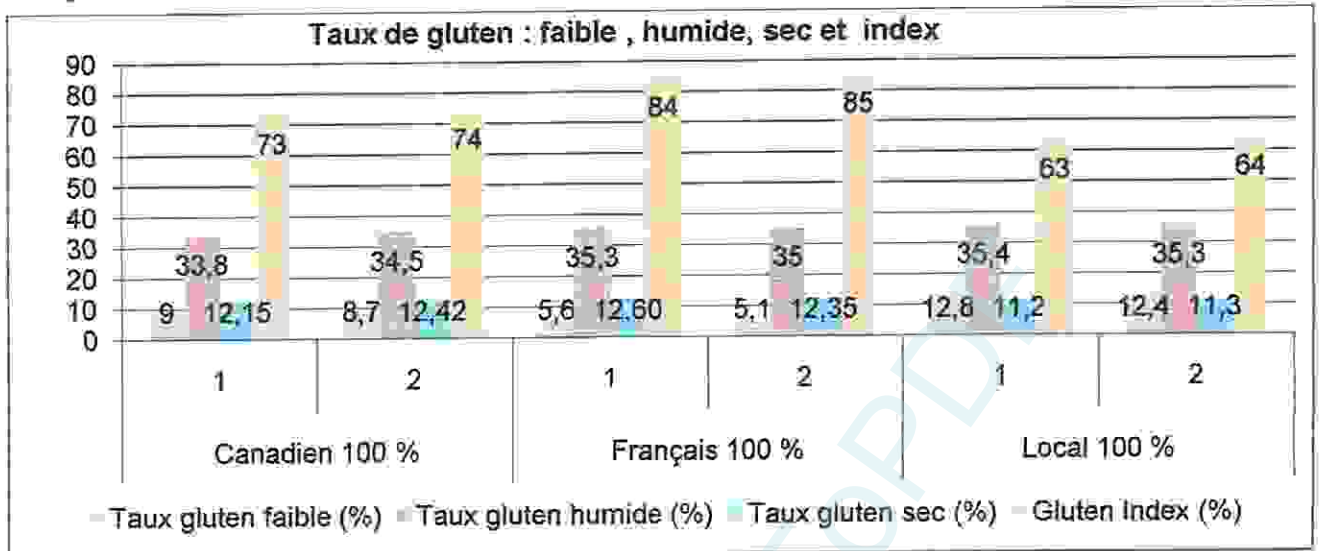
L'écart-type pour l'Indice de gluten présente une valeur de 0,3136 pour la semoule du blé Canadien, 0,432 pour la semoule du blé Français et 0,5 pour la semoule du blé Local

L'écart-type du Gluten Index des différentes déterminations pour chaque type de semoule de blé dur n'a pas dépassé 9,6 en valeur absolue, ce qui argumente la précision et la validité des résultats.

**Tableau 73** : Moyennes et écart-type pour les taux de : gluten faible, humide sec et index des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Test	Qualité de gluten		
	Canadien 100 %	Français 100 %	Local 100 %
Type de blé dur			
Taux gluten faible (%)	8,85 ± 0,15	5,35 ± 0,25	12,6 ± 0,2
Taux gluten humide (%)	34,15 ± 0,35	35,15 ± 0,15	35,35 ± 0,05
Taux gluten sec (%)	12,288 ± 0,135	12,4785 ± 0,1285	11,25 ± 0,05
Gluten Index (%)	73 ± 0,3136	84 ± 0,432	63 ± 0,5





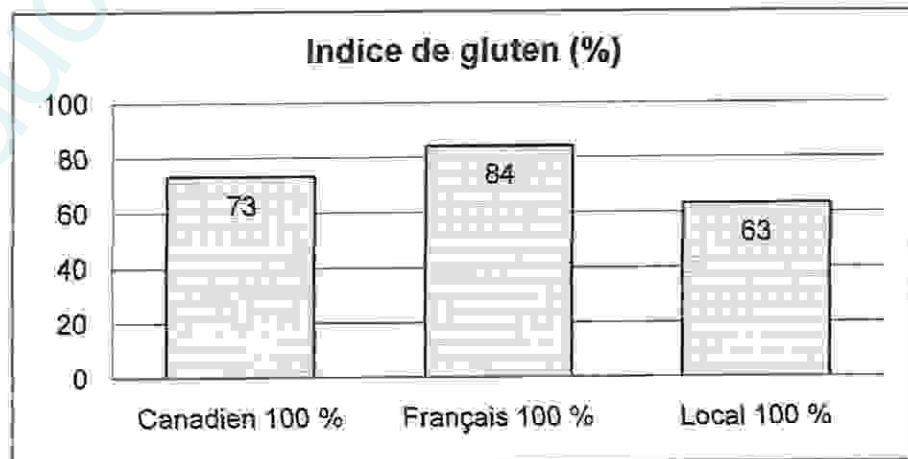
**Figure 39 :** Résultats relatifs au taux de gluten : faible, humide, sec et Index des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%)

Les résultats relatifs aux moyennes et aux écart-type pour l'Indice de gluten de la semoule des différents types de blé dur (Canadien, Français, Local) sont représentées dans le tableau (Tab.74) ainsi que leurs interprétations graphique dans la figure (Fig.40).

**Tableau 74 :** Moyennes et écart-type pour l'indice de gluten des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%).

Test	Indice de gluten (%)		
	Canadien 100 %	Français 100 %	Local 100 %
$\bar{X} \pm \sigma$	73 ± 0,3136	84 ± 0,432	63 ± 0,5

$\bar{X}$  = moyenne  
 $\sigma$  = écart-type



**Figure 40 :** Résultats relatifs à l'Indice de gluten des 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local).

Un indice de gluten élevé indique un gluten résistant et de bonne qualité.

L'appréciation de la qualité du gluten se fait par la mesure des caractéristiques viscoélastiques du gluten par centrifugation à travers une grille perforée et mesure du pourcentage restant sur tamis à la fin de l'opération.

Cette quantité est fonction des caractéristiques du gluten.

Plus le gluten est tenace et élastique plus la quantité de gluten passant à travers du tamis lors de la centrifugation est faible et plus le Gluten Index est élevé.

On remarque que la semoule de blé Français présente la valeur de l'Indice de gluten la plus élevée 84% donc son gluten est résistant et de bonne qualité.

La semoule de blé Canadien qui présente une valeur de 73% d'Indice de gluten donc son gluten est plus au moins résistant et de bonne qualité.

La semoule de blé Local présente la valeur de l'Indice de gluten la plus Petite 63% donc son gluten est qualité médiocre (non résistant).

Les protéines qui composent le gluten ne sont pas solubles dans l'eau salée.

Pour obtenir du gluten, il suffit de pétrir et de rincer une quantité déterminée de farine avec de l'eau salée et de peser la quantité de gluten humide obtenue ; donc les résultats des Indices de Gluten pour les différents types de semoules sont en relation avec la teneur en protéines des grains de blés présenté dans le tableau (Tab.39) c'est pour ça le Gluten Index de la semoule du blé Local est restreint à cause de sa faible teneur en protéines 12,38 %.(voir Tab.39, la teneur en protéines des 3 types des grains de blé dur).

Par contre l'Indice de gluten de la semoule du blé Français et la semoule du blé Canadien présentent des Indices de Gluten élevés, ce qui est compatible avec leurs teneur en protéines.

On classe ces 3 types de semoules par le biais d'avoir le plus grand Gluten Index par rapport à les autres comme suit :

1. Française
2. Canadienne
3. Locale

La faiblesse dans l'Indice de gluten remarqué sur la semoule de blé Local est liée à plusieurs causes, soit :

1- Grains cécidomyiés : Ils ont montré que les grains cécidomyiés avaient un gluten de moins bonne qualité.

2- Grains chauffés par le séchage: Les propriétés plastiques du gluten sont altérées à cause de ce phénomène.

3- Grains punaisés: Les punaises injectent, de la salive riche en protéases et en amylases, qui dissout surtout le gluten et en partie l'amidon.

À cet endroit, le gluten est modifié par l'activation de la salive : gluten filant, collant et peu résistant à la poussé des gaz lors de la fermentation panaire

4- Grains mitadinés.

L'analyse de la variance des résultats relatifs à l'Indice de gluten des 3 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français, Local) à la fois est montrée dans le tableau (Tab.75)

**Tableau 75 :** Analyse de la variance. Résultats de la comparaison entre 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) pour le GI.

Source des variations	SCE	ddl	CM	Fobs	P	F
Entre types	444,0212	2	222,0106	622,4775	0,0001	9,5520
A l'intérieur des types	1,0699	3	0,3566		***	
Total	445,0912	5				

La comparaison ente les 3 types de semoules de blé dur à la fois à un critère qui est l'Indice de gluten indique que la différence ente les 3 types de semoules pures de blé dur (Canadienne, Française, Locale) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'Indice de gluten de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est montrée dans le tableau (Tab.76)

**Tableau 76 :** Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) pour le GI.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Française			
Indice de gluten	2	73	84	20,383	0,00239812 **	4,302



La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'Indice de gluten indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Français) est hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'Indice de gluten de 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est montrée dans le tableau (Tab.77)

**Tableau 77** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local100%) pour le Gl.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Française	Locale			
<b>Indice de gluten</b>	2	84	63	31,883	0,00098227 ***	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'indice de l'Indice de gluten que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Français, Local) est très hautement significative.

L'analyse des moyennes des résultats relatifs à l'Indice de gluten de 2 types de semoules pures issues de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est montrée dans le tableau (Tab.78)

**Tableau 78** : Test t de Student. Résultats de la comparaison entre 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) pour le Gl.

Variable	ddl	moyennes		t obs	P	t
		Canadienne	Locale			
<b>Indice de gluten</b>	2	73	63	17,258	0,00334038 **	4,302

La comparaison entre 2 types de semoule de blé dur à un critère qui est l'Indice de gluten indique que la différence entre les 2 types de semoules pures issus de la mouture individuelle des blés durs (Canadien, Local) est hautement significative.

### 4-3- Discussion générale

Le tableau (Tab.79) présente le classement quantitatif et qualitatif des grains des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local), selon les différents paramètres étudiés.

**Tableau 79** : Classement quantitatif et qualitatif des grains des 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local)

Paramètre \ Type de blé dur	Canadien	Français	Local
Poids spécifique (kg/hl)	■	■	■
Poids de mille grains (MTQ) (g)	■	■	■
Poids de mille grains (MS) (g)	■	■	■
Taux de mitadinage (%) <sup>(1)</sup>	■	■	■
Taux de vitrosité(%)	■	■	■
Teneur en protéines (%)	■	■	■
Teneur en eau (%)	■	■	■

- Première classe
- Deuxième classe
- Troisième classe

<sup>(1)</sup> Dans ce paramètre le bon blé, est celui qui occupe la troisième classe.

Le blé Canadien occupe la première classe dans 1/7 de l'ensemble des paramètres étudiés, et prend la deuxième classe dans 6/7 de l'ensemble des paramètres étudiés, ainsi qu'il n'a pris la troisième classe pour aucuns paramètre de l'ensemble des 7 paramètres étudiés.

Le blé Français occupe la première classe dans 5/7 de l'ensemble des paramètres étudiés, et prend la deuxième classe dans 1/7 de l'ensemble des paramètres étudiés, ainsi qu'il a pris la troisième classe dans 1/7 de l'ensemble des 7 paramètres étudiés.

Le blé Local occupe la première classe dans 1/7 de l'ensemble des paramètres étudiés, la troisième classe dans 6/7 de l'ensemble des paramètres étudiés, et il n'a pris aucune deuxième classe dans l'ensemble des 7 paramètres étudiés.

Le classement des 3 types de blé dur par ordre décroissant de qualité par rapport à l'ensemble des 7 paramètres étudiés est comme suit :


1. Français
2. Canadien
3. Local

Le tableau (Tab.80) présente le classement quantitatif et qualitatif des 3 types de semoules de blé dur (Canadien 100%, Français 100%, Local 100%), selon les différents paramètres étudiés.

**Tableau 80** : Classement quantitatif et qualitatif des 3 types de semoules de blé dur (Canadien 100%, Français 100%, Local 100%)

Paramètre	Type de blé dur	Canadien 100%	Français 100%	Local 100 %
Teneur en cendres (MTQ) (%) <sup>(1)</sup>				
Teneur en cendres (MS) (%) <sup>(1)</sup>				
Indice de brun <sup>(1)</sup>				
Indice de jaune				
indice de brun / indice de jaune				
Indice de gluten (%)				

 Première classe

 Deuxième classe

 Troisième classe

<sup>(1)</sup> Dans ce paramètre la bonne semoule, est celle qui occupe la troisième classe.

La semoule de blé Canadien occupe la première classe dans 3/6 de l'ensemble des paramètres étudiés, et la deuxième classe dans 3/6 de l'ensemble des paramètres étudiés, ainsi qu'il n'a pris la troisième classe pour aucun paramètre de l'ensemble des 6 paramètres.

La semoule de blé Français occupe la première classe dans 3/6 de l'ensemble des paramètres étudiés, et la deuxième classe dans 3/6 de l'ensemble des paramètres étudiés, ainsi qu'il n'a pris la troisième classe pour aucun paramètre de l'ensemble des 6 paramètres étudiés.

La semoule de blé Local n'occupe la première ni la deuxième classe pour aucun paramètre de l'ensemble des 6 paramètres étudiés, et prend la troisième classe dans 6/6 de l'ensemble des paramètres étudiés.

En tenant compte que le rapport (indice de brun/indice de jaune) indique la bonne évaluation sur la couleur de semoule de blé dur, au lieu de prendre chaque indice entier, et que l'évaluation de la qualité de semoule se fait à partir des 3 paramètres principales ensembles (couleur, cendres, indice de gluten) ; Le classement des 3 types de semoules de blé dur par ordre décroissant de qualité est comme suit :

1. Française
2. Canadienne
3. Locale



Les tableaux (Tab. 81,82,83 et 84) présentent la différence entre les types de blé dur étudiés par groupe pour les différents paramètres d'analyse spécifiques aux grains de blé dur.

Le degré de signification de la différence est marqué pour chaque paramètre par l'un de ces symboles décrits ci-dessous :

- NS = différence Non Significative
- \* = différence juste significative
- \*\* = différence hautement significative
- \*\*\* = différence très hautement significative

Le tableau (Tab.81) présente les degrés de signification de la différence entre les 3 types de blé dur (Canadien, Français, Local) à la fois, pour les différents paramètres.

**Tableau 81 :** Degrés de signification de la différence entre de 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) selon l'analyse de la variance.

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Poids spécifique (kg/hl)	***
Poids de mille grains (MTQ) (g)	***
Poids de mille grains (MS) (g)	***
Taux de mitadinage (%)	***
Taux de vitrosité(%)	***
Teneur en protéines (%)	***
Teneur en eau (%)	***

Le tableau (Tab.82) présente les degrés de signification de la différence entre 2 types de blé dur (Canadien, Français), pour les différents paramètres étudiés.

**Tableau 82 :** Degrés de signification de la différence entre de 2 types des grains de blé dur (Canadien, Français) selon le test t de student

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Poids spécifique (kg/hl)	**
Poids de mille grains (MTQ) (g)	***
Poids de mille grains (MS) (g)	***
Taux de mitadinage (%)	NS
Taux de vitrosité(%)	NS
Teneur en protéines (%)	*
Teneur en eau (%)	***

Le tableau (Tab.83) présente les degrés de signification de la différence entre 2 types de blé dur (Français, Local), pour les différents paramètres étudiés.

**Tableau 83 :** Degrés de signification de la différence entre de 2 types des grains de blé dur (Français, Local) selon le test t de student

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Poids spécifique (kg/hl)	***
Poids de mille grains (MTQ) (g)	***
Poids de mille grains (MS) (g)	***
Taux de mitadinage (%)	***
Taux de vitrosité(%)	***
Teneur en protéines (%)	***
Teneur en eau (%)	***

Le tableau (Tab.84) présente les degrés de signification de la différence entre 2 types de blé dur (Canadien, Local), pour les différents paramètres étudiés.

**Tableau 84 :** Degrés de signification de la différence entre des 2 types des grains de blé dur (Canadien, Local) selon le test t de student

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Poids spécifique (kg/hl)	***
Poids de mille grains (MTQ) (g)	NS
Poids de mille grains (MS) (g)	NS
Taux de mitadinage (%)	***
Taux de vitrosité(%)	***
Teneur en protéines (%)	***
Teneur en eau (%)	***

Les tableaux (Tab.85,86,87et 88) présentent la différence entre les types de blé dur étudiés pour les différents paramètres d'analyse spécifiques aux semoules.

Le degré de signification de la différence est marqué pour chaque paramètre par l'un de ces symboles décrits ci-dessous :

- NS = différence Non Significative
- \* = différence juste significative
- \*\* = différence hautement significative
- \*\*\* = différence très hautement significative

Le tableau (Tab.85) présente les degrés de signification de la différence ente les 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local 100%) à la fois, pour les différents paramètres étudiés.

**Tableau 85** : Degrés de signification de la différence entre des 3 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local 100%) selon l'analyse de la variance

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Humidité (%)	***
Teneur en cendres (MTQ) (%)	***
Teneur en cendres (MS) (%)	***
Indice de brun	***
Indice de jaune	***
Indice de gluten (%)	***

Le tableau (Tab.86) présente les degrés de signification de la différence ente 2 types de semoule de blé dur (Canadien100%, Français100%), pour les différents paramètres étudiés.

**Tableau 86** : Degrés de signification de la différence entre des 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) selon le test t de student.

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Humidité (%)	***
Teneur en cendres (MTQ) (%)	**
Teneur en cendres (MS) (%)	**
Indice de brun	***
Indice de jaune	***
Indice de gluten (%)	**



Le tableau (Tab.87) présente les degrés de signification de la différence entre 2 types de semoule de blé dur (Français 100%, Local 100%), Selon les différents paramètres étudiés.

**Tableau 87** : Degrés de signification de la différence entre des 2 types de semoules de blé dur (Français100%, Local 100%) selon le test t de student.

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Humidité (%)	***
Teneur en cendres (MTQ) (%)	**
Teneur en cendres (MS) (%)	**
Indice de brun	***
Indice de jaune	***
Indice de gluten (%)	***

Le tableau (Tab.88) présente les degrés de signification de la différence entre 2 types de semoule de blé dur (Canadien100%, Local100%), Selon les différents paramètres étudiés.

**Tableau 88** : Degrés de signification de la différence entre des 2 types de semoules de blé dur (Canadien100%, Local 100%) selon le test t de student.

Paramètre	Degrés de signification de la différence
Humidité (%)	***
Teneur en cendres (MTQ) (%)	**
Teneur en cendres (MS) (%)	**
Indice de brun	***
Indice de jaune	***
Indice de gluten (%)	**

Le tableau (Tab.89) présente résultat du test de Tukey (p.p.d.s) pour tous les variables étudiés pour les grains de blé dur comparés deux à deux pour retirer les groupes homogènes ou proches.

On remarque que seulement pour les caractères :

- Poids de mille grains (MTQ) et poids de mille grains (MS) qu'il ya un groupe homogène ou proche (Canadien, Local).
- Taux de mitadinage et taux de vitrosité le groupe (Canadien, Français) sont proches.

**Tableau 89 :** Résultat du test de Tukey pour tous les variables (Poids spécifique, poids de mille grains (MTQ), poids de mille grains (MS), taux de mitadinage, taux de vitrosité, teneur en protéines, teneur en eau) pour les différents groupes de blé dur.

Niveau	N	Moyenne	Groupement
<b>Test</b>	<b>Poids spécifique</b>		
Canadien	5	83,760	A
Français	5	83,392	B
Local	5	78,442	C
<b>Test</b>	<b>Poids de mille grains (MTQ)</b>		
Canadien	5	43,588	A
Français	5	49,580	B
Local	5	42,401	A
<b>Test</b>	<b>Poids de mille grains (MS)</b>		
Canadien	5	38,419	A
Français	5	43,234	B
Local	5	38,195	A
<b>Test</b>	<b>Taux de mitadinage</b>		
Canadien	3	7,990	A
Français	3	5,063	A
Local	3	46,697	B
<b>Test</b>	<b>Taux de vitrosité</b>		
Canadien	3	92,009	A
Français	3	94,936	A
Local	3	53,302	B
<b>Test</b>	<b>Teneur en protéine</b>		
Canadien	5	14,3600	A
Français	5	14,5600	B
Local	5	12,8800	C
<b>Test</b>	<b>Teneur en eau</b>		
Canadien	5	11,860	A
Français	5	12,800	B
Local	5	9,920	C

Le tableau (Tab.90) présente résultat du test de Tukey (p.p.d.s) pour tous les variables étudiés pour les semoules de blé dur comparés deux à deux pour retirer les groupes homogènes ou proches.

On remarque que seulement pour les caractères :

- taux de cendres (MTQ) et taux de cendres (MS) qu'il ya un groupe homogène ou proche (Canadienne, Française).

**Tableau 90** : Résultat du test de Tukey pour tous les variables (Humidité, taux de cendres (MTQ), taux de cendres (MS), indice de brun, indice de jaune, taux de gluten) pour les différents groupes de semoule de blé dur.

Niveau	N	Moyenne	Groupement
<b>Test</b>	<b>Humidité</b>		
Canadien	2	14,743	A
Français	2	14,193	B
Local	2	13,342	C
<b>Test</b>	<b>Taux de cendres (MTQ)</b>		
Canadien	2	0,601	A
Français	2	0,571	A
Local	2	0,770	B
<b>Test</b>	<b>Taux de cendres (MS)</b>		
Canadien	2	0,704	A
Français	2	0,665	A
Local	2	0,889	B
<b>Test</b>	<b>Indice de brun</b>		
Canadien	3	-3,066	A
Français	3	-2,52	B
Local	3	-1,846	C
<b>Test</b>	<b>Indice de jaune</b>		
Canadien	3	36,066	A
Français	3	34,843	B
Local	3	26,276	C
<b>Test</b>	<b>Indice de gluten</b>		
Canadien	2	73	A
Français	2	84	B
Local	2	63	C



CONCLUSION  
ET  
PERSPECTIVES



## Conclusion et perspectives :

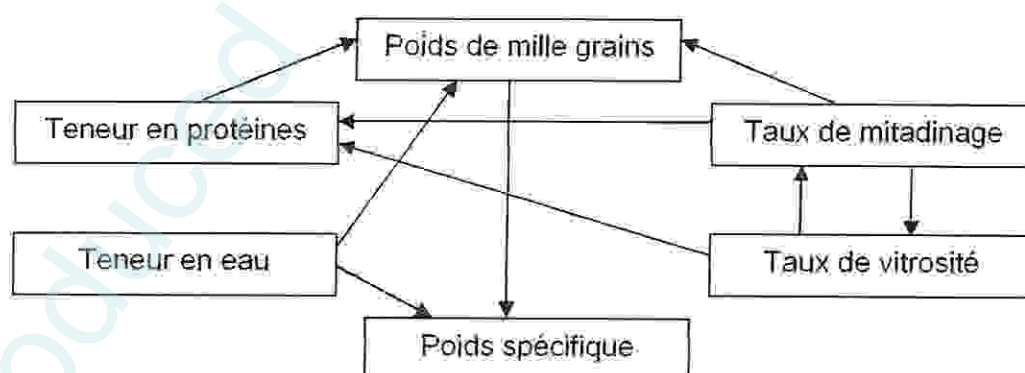
La qualité technologique du blé dur englobe une série de caractéristiques qui vont du rendement en semoule jusqu'à l'aptitude à la transformation en pâtes alimentaires.

La filière blé dur dispose aujourd'hui de nombreux tests fiables d'appréciation de la qualité.

Le présent travail vise à comparer quelques caractères technologiques des grains et de semoules de trois types de blé dur (récolte de l'année 2011) ; un type local et deux types importés (Canadien et Français).

A la lumière des résultats obtenus pour les différents tests réalisés sur les grains et les semoules des trois types de blés étudiés, on peut dire que ce travail s'articule sur 4 axes principaux :

**1- Globalisation :** les paramètres relatifs aux caractéristiques des grains de blé dur (Poids spécifique, Poids de mille grains, Taux de mitadinage, Taux de vitrosité, Teneur en protéines et teneur en eau) sont dépendants les uns des autres, et l'évaluation de la qualité des grains de blés ne se fait qu'avec la globalisation de ces paramètres ensembles ; ainsi le cas pour les semoules, pour lesquelles on note à titre d'exemple, que la coloration est fortement influencée par le taux de cendres de la semoule alors que l'indice de gluten est influencé par la teneur en protéine initiale des grains de blé dur



L'analyse globale des résultats relatifs à la qualité des grains de blés durs ainsi que des semoules, a montré que les blés importés présentent une qualité supérieure par rapport à celle du blé local ; le blé Français occupe la première position, suivi par le blé Canadien puis le blé Local en troisième classe ; La semoule de blé dur obéit la même classification et ce aussi bien pour les grains que pour les semoules.

**2- Normalisation :** en se référant aux normes qui commandent les différents paramètres estimés aussi bien, pour les grains (Poids spécifique, Poids de mille grains, Taux de mitadinage, Taux de vitrosité, Teneur en Protéines et teneur en eau), que pour la semoule de blé dur (Humidité de la semoule ; Taux de cendres de la semoule ; Couleur de la semoule et indice de gluten de la semoule), on note que :

- Pour l'ensemble des paramètres relatifs aux grains, les trois types de blés étudiés présentent des valeurs qui sont dans les normes, et sont donc de bonne qualité ; à l'exception du blé local pour lequel nous avons noté un taux de mitadinage supérieur à 27 % (Norme citée dans le règlement 824/2000).

- Pour les paramètres relatifs aux semoules de dur on trouve que les trois types de blés, les valeurs enregistrées sont dans les normes, et sont donc de bonne qualité.

**3- Exactitude :** la réalisation de chaque test et l'obtention du résultat n'est pas suffisant, même si le nombre des répétitions est assez élevé et les valeurs seront conformes aux normes, ça n'argumente rien.

Chaque test a son propre valeur pour la répétabilité entre deux déterminations sert comme une incertitude, au-delà de cette valeur les résultats ne sont pas pris en compte et il faut refaire de nouveau le teste avec des nouvelles déterminations.

Dans le cas de notre études, et pour tous les paramètres les valeurs des répétabilités sont prise en compte, ce qui argumente les résultats.

#### **4- Comparaison :**

L'analyse statistique des résultats relatifs aux paramètres estimés pour les grains de blé dur a affiché :

- La différence entre de 3 types des grains de blé dur (Canadien, Français, Local) est très hautement significative pour chacune des paramètres spécifiques pour les grains de blé dur.

- La différence entre de 2 types des grains de blé dur (Canadien, Français) est très hautement significative pour le poids de mille grains (MTQ et MS) ; hautement significative pour le poids spécifique ; juste significative pour la teneur en protéines et non significative pour le taux de mitadinage.

- La différence entre de 2 types des grains de blé dur (Français, Local) est très hautement significative pour chacune des paramètres spécifiques pour les grains de blé dur



## Conclusion et Perspectives

• La différence entre de 2 types des grains de blé dur (Canadien, Local) est très hautement significative pour le poids spécifique ; Taux de mitadinage ; Teneur en protéines et la teneur en eau pour les grains de blé dur, alors que la différence entre ces deux types de blés pour le poids de mille grains (MTQ ou MS) est non significative.

Le test d'analyse de la variance par un critère de classification pour les semoules de blé dur montre que :

• La différence entre de 3 types de semoule de blé dur (Canadien100%, Français100%, Local100%) est très hautement significative pour chacune des paramètres spécifiques pour la semoule de blé dur.

• La différence entre de 2 types des semoules de blé dur (Canadien100%, Français100%) est très hautement significative pour l'humidité et la coloration, alors elle est hautement significative pour la teneur en cendres et l'indice de gluten.

• La différence entre de 2 types des semoules de blé dur (Français 100%, Local100%) est très hautement significative pour l'humidité ; la coloration et l'indice de gluten, alors qu'elle est hautement significative pour la masse de mille grains (MTQ ou MS).

• La différence entre de 2 types des semoules de blé dur (Canadien100%, Local100%) est très hautement significative pour l'humidité et la coloration alors que la différence est hautement significative pour la teneur en cendres (MTQ ou MS) et l'indice de gluten.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable de compléter l'étude par la mesure de la qualité culinaire des semoules.



REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES





# Références bibliographiques

**Aissaoui N. Oumeddour W. et Saidia M.**, 2011 : Contribution à l'étude de la qualité du blé, Semoulerie Amor Benamor d'El Fedjoudj - Guelma, Mémoire de Master, Option : Qualité des produits et sécurité alimentaire, Deprt. Biologie. Univ 08 MAI 1945, Guelma : 52, 59

**Anonyme**, 1991 : Codex Standard 178. Norme codex pour la semoule et la farine de blé dur. FAO/OMS : 1,2

**Anonyme**, 1995 : Codex Alimentarius Stan 199. Norme codex pour le blé et le blé dur. FAO/OMS. 1,2

**Beaugrand J.**, 2004 : Bases cytologiques et moléculaires de la dégradation enzymatique du son de blé tendre, thèse de Doctorat, Spécialité Biochimie, Univ REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE : 3

**Belkhir L. et Yalaoui N.**, 2011 : Etudes de quelques caractères technologiques de blé dur (*Triticum durum* Desf), Mémoire de Master, Option : Qualité des produits et sécurité alimentaire, Deprt. Biologie. Univ 08 MAI 1945, Guelma : 47, 48

**Boufnar-zaghouane F. et zaghouane O.**, 2006 : Guide des principales variétés de céréales à paille en Algérie (blé dur, blé tendre, orge et avoine) ITGC : 16

**C.R.E.A.B** (Centre Régional de Recherche et d'Expérimentation en Agriculture Biologique). 2008 : Du Conseil Régional de Midi-Pyrénées, du compte d'affectation spéciale « Développement agricole et rural » géré par le Ministère de l'agriculture et de la pêche : résultats de l'essai variétés de blé dur en agriculture biologique campagne 2007-2008 : 5,6

**C.T.P.S** (Comité Technique Permanent de la Sélection des plantes cultivées) et **G.E.V.E.S** (Groupe d'Étude et de Contrôle des Variétés et des Semences), 2006 : REGLEMENT TECHNIQUE D'EXAMEN DES VARIETES DE CEREALES A PAILLE, en vue de leur inscription au Catalogue Officiel Français (Liste A et liste B) Règlement homologué par l'arrêté du 25 mai 2007, publié au journal officiel du 09 juin 2007 : 69

**Derbal N.**, 2009 : Etude de la variation spatio-temporelle de certaines caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie, Mémoire de Magistère, Option : Biotechnologie Végétale. Déprt Biologie. Univ. MENTOURI, Constantine : pp 34-56

**Dexter J.E. et Edwards N.M.**, 1998 : Incidence des facteurs de classement fréquemment détectés sur l'aptitude technologique du blé dur, Commission canadienne des grains, Laboratoire de recherches sur les grains, Winnipeg (Manitoba) R3C 3G8. Contribution no M231, Association of Operative Millers - Bulletin : pp 8-12,22

**Djermoun A.**, 2009 : La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques. Revue Nature et Technologie. n° 01/Juin 2009. Pages 45 à 53 Déprt. Agronomie. Univ.HASSIBA BENBOUALI. Chlef : 2,3



## Références Bibliographiques

- Doussinault G., Pavoine M.T., Jaudeau B., Jahaier J., 2002.** Evolution de la variabilité génétique chez le blé. Dossier de l'environnement de l'INRA : 92
- Feillet P., 2000 :** Le grain de blé : Composition et utilisation, Quae, INRA, Paris : pp 18-25 , 60, 61, 114-116
- Hamel L., 2010 :** Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques, Mémoire de Magistère, Option génomique et techniques avancées des végétaux, Déprt. Biologie végétale et d'écologie, MENTOURI, Constantine : pp 14-31
- I.T.C.F. (Institut Technique des Céréales et des Fourrages), 2001 :** Contrôle de la qualité des céréales et des protéagineux, Lavoisier, France : 268 p
- Kalarasse A. et Zouaimia I., 2010 :** Suivre de la qualité des moulins Amor Benamor - El Fedjoudj-Guelma-(Nord-Est Algérien) : Application de la méthode HACCP, Mémoire de Master, Option : Qualité des produits et sécurité alimentaire, Deprt. Biologie. Univ 08 MAI 1945, Guelma : 1,65
- Kalarasse, A., 2011 :** Manuel sur les méthodes d'analyse selon les méthodes de référence. Groupe Benamor. Entreprise de l'industrie alimentaire céréales et dérivés. El Fedjoudj - Guelma.
- Lestienne I., 2004 :** Contribution à l'étude de la biodisponibilité du fer et du zinc dans le grain de mil et conditions d'amélioration dans les aliments de complément, Thèse de Doctorat, Discipline Sciences des aliments, Ecole doctorale : Science et Procédé Biologiques et Industriels. Univ MONTPELLIER II : 9,19
- M.S.D.A. (Manuel Suisse des Dentrées Alimentaires), 2004 :** céréales, produits de l'industrie meunière, pré-mélanges pour four, mélanges de farine, farines instantanées : 14 Céréales, produits de l'industrie meunière . pp 1-10
- Mouellef A., 2010 :** Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) au stress hydrique, Mémoire de Magistère, Option Biotechnologies Végétales. Déprt Biologie Végétale et Écologie. Univ. MENTOURI, Constantine : pp 4-8,84
- Oudjani W., 2009 :** Diversité de 25 génotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation, Mémoire de Magistère, Option Biodiversité et Production Végétale. Déprt. Biologie et Ecologie. Univ. MENTOURI, Constantine : pp 10-30
- Sakr N. 2007 :** comparaison de la qualité des blés Libanais a celle des variétés importées de l'étranger et destinées A la préparation du pain libanais ; *Lebanese Science Journal*, Vol. 8, No. 2, 200 : 90-91pp
- Zeitoun R., 2011 :** Procédés de fractionnement de la matière végétale - Application à la production des polysaccharides du son et de la paille de blé, Thèse de Doctorat, Discipline : Sciences des Agro-ressources, Délivré par : Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse). Univ. TOULOUSE : 18,19

**Les sites**

- [1]- <http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/fichiers/23027/ch03.html>  
(Consulté le 03-04-2012)
- [2]- <http://culinarydelights.canalblog.com/archives/2008/05/12/9145080.html>  
(Consulté le 07-03-2012)
- [3]- <http://econ.eldoc.ub.rug.nl/index.php?page=taxon&name=Triticum+turgidum+ssp.+durum>  
(Consulté le 29-01-2012)
- [4]- [http://img48.xooimage.com/files/6/8/5/nilema-litre\\_12-1f0c20c.jpg](http://img48.xooimage.com/files/6/8/5/nilema-litre_12-1f0c20c.jpg)  
(Consulté le 07-04-2012)
- [5]- <http://labocgac.com/durete-p29.html>  
(Consulté le 28-03-2012)
- [6]- <http://labocgac.com/la-teneur-en-eau-p21.html>  
(Consulté le 14-03-2012)
- [7]- <http://labocgac.com/poids-de-mille-grains-pmg-p28.html>  
(Consulté le 21-03-2012)
- [8]- <http://laboval.pagesperso-orange.fr/page27.html>  
(Consulté le 18-03-2012)
- [9]- [http://membres.multimania.fr/pasteursvt/evolution\\_du\\_ble.htm](http://membres.multimania.fr/pasteursvt/evolution_du_ble.htm)  
(Consulté le 25-01-2012)
- [10]- <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a22/95605354.pdf>  
(Consulté le 02-03-2012)
- [11]- <http://ressources.ciheam.org/om/pdf/a40/00600080.pdf>  
(Consulté le 15-03-2012)
- [12]- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/72/Vacuum\\_desiccator.JPG/220px-Vacuum\\_desiccator.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/72/Vacuum_desiccator.JPG/220px-Vacuum_desiccator.JPG)  
(Consulté le 05-04-2012)
- [13]- [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UaK7hrnUggUJ:www.iah-diet.info/attachments/559\\_Les%2520c%C3%A9r%C3%A9ales.ppt+Poids+mol%C3%A9culaire+%C3%A9lev%C3%A9,Insoluble+dans+l%E2%80%99eau.Soluble+en+milleu+l%C3%A9g%C3%A8rement+alcalin,Pr%C3%A9sence+de+ponts+disulfures.&cd=2&hl=fr&ct=clnk](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:UaK7hrnUggUJ:www.iah-diet.info/attachments/559_Les%2520c%C3%A9r%C3%A9ales.ppt+Poids+mol%C3%A9culaire+%C3%A9lev%C3%A9,Insoluble+dans+l%E2%80%99eau.Soluble+en+milleu+l%C3%A9g%C3%A8rement+alcalin,Pr%C3%A9sence+de+ponts+disulfures.&cd=2&hl=fr&ct=clnk)  
(Consulté le 18-04-2012)
- [14]- [http://www.agpb.com/fr/depeche/chiffre/recolte\\_monde.asp](http://www.agpb.com/fr/depeche/chiffre/recolte_monde.asp)  
(Consulté le 25-03-2012)
- [15]- <http://www.agpb.fr/fr/reglement/intervention.asp>  
(Consulté le 21-03-2012)
- [16]- <http://www.agriculteur-normand.com/actualites/filieres-sante-et-nutrition-des-cereales-petries-d-atouts&fldSearch=:1W6KTLDN.html>  
(Consulté le 20-02-2012)
- [17]- <http://www.alterafrica.com/couscous.htm>  
(Consulté le 07-03-2012)
- [18]- [http://www.annie-claude-bolomier.fr/?page\\_id=2010](http://www.annie-claude-bolomier.fr/?page_id=2010)  
(Consulté le 29-01-2012)
- [19]- [http://www.arvalis-infos.fr/view.jsp?jsessionid=6GxEjd1F6RADXUSjaT8A2A\\*\\*?obj=arvarticle&id=7401&hasCookie=false&hasRedirected=true](http://www.arvalis-infos.fr/view.jsp?jsessionid=6GxEjd1F6RADXUSjaT8A2A**?obj=arvarticle&id=7401&hasCookie=false&hasRedirected=true)  
(Consulté le 29-03-2012)
- [20]- [http://www.azaquar.com/iaa/index.php?cible=ca\\_glucides](http://www.azaquar.com/iaa/index.php?cible=ca_glucides)  
(Consulté le 29-01-2012)



## Références Bibliographiques

- [21]- <http://www.boulangerie.net/MP/InfoBlefar.html>  
(Consulté le 25-01-2012)
- [22]- [http://www.cebio.be/documents\\_telechargeables/dossier\\_gluten.pdf](http://www.cebio.be/documents_telechargeables/dossier_gluten.pdf)  
(Consulté le 02-04-2012)
- [23]- [http://www.chopin.fr/fiche\\_em10.php](http://www.chopin.fr/fiche_em10.php)  
(Consulté le 18-03-2012)
- [24]- <http://www.fao.org/Wairdocs/X5163F/X5163f02.htm>  
(Consulté le 03-02-2012)
- [25]- <http://www.fimarc.org/Fiche1BLE.pdf>  
(Consulté le 24-01-2012)
- [26]- <http://www.grainscanada.gc.ca/research-recherche/dexter/gfqdw-cfabd/gfqdw-cfabd-4-fra.htm>  
(Consulté le 19-03-2012)
- [27]- <http://www.grainscanada.gc.ca/wheat-ble/method-methode/wmtm-mimab-fra.htm>  
(Consulté le 18-03-2012)
- [28]- [http://www.granotec.com.br/arquivos/Sistema\\_Glutomatic.pdf](http://www.granotec.com.br/arquivos/Sistema_Glutomatic.pdf)  
(Consulté le 10-03-2012)
- [29]- [http://www.icc.or.at/standard\\_methods/155](http://www.icc.or.at/standard_methods/155)  
(Consulté le 10-03-2012)
- [30]- <http://www.laboandco.com/controle-qualite/colorimetrie/colorimetre/colorimetrie-colorimetre-cr-410-konica-minolta.html>  
(Consulté le 18-03-2012)
- [31]- <http://www.le-couscous.com/index.php/glossaire/62-semoule>  
(Consulté le 07-03-2012)
- [32]- [http://www.maes.fr/fiches\\_techniques/Methode\\_Gluto.pdf](http://www.maes.fr/fiches_techniques/Methode_Gluto.pdf)  
(Consulté le 02-04-2012)
- [33]- [http://www.memoireonline.com/07/08/1189/m\\_comportement-morphologique-physiologique-biochimique-ble-dur-fongicide1.html](http://www.memoireonline.com/07/08/1189/m_comportement-morphologique-physiologique-biochimique-ble-dur-fongicide1.html)  
(Consulté le 28-01-2012)
- [34]- <http://www.naltis.com/benamor-group/moulins/Moulins%20Amor%20BENAMOR%20-%20Processus%20de%20fabrication.pdf>  
(Consulté le 25-03-2012)
- [35]- <http://www.perten.com/fr/Produits/Glutomatic/La-methode-Gluten-Index/>  
(Consulté le 02-04-2012)
- [36]- [http://www.perten.com/Global/Images/Products/GM/GM\\_System\\_3%20delar\\_w%20578px.jpg](http://www.perten.com/Global/Images/Products/GM/GM_System_3%20delar_w%20578px.jpg)  
(Consulté le 07-03-2012)
- [37]- <http://www.planetoscope.com/cereales/191-production-de-ble-dans-le-monde.html>  
(Consulté le 11-03-2012)
- [38]- <http://www.plr-mesure.com/produits/1-calc-pmg>  
(Consulté le 02-04-2012)
- [39]- <http://www.scribd.com/doc/59085014/Cereales>  
(Consulté le 21-03-2012)
- [40]- <http://www.soubry.be/downloads/pates-alimentaires.pdf>  
(Consulté le 08-03-2012)
- [41]- [http://www.unctad.info/en/Infocomm/Agricultural\\_Products/Wheat/Technologie/](http://www.unctad.info/en/Infocomm/Agricultural_Products/Wheat/Technologie/)  
(Consulté le 2-02-2012)
- [42]- <http://www.youtube.com/watch?v=otFaTggObWc>  
(Consulté le 05-04-2012)
- [43]- <http://www.youtube.com/watch?v=wHFRLzwXOec>  
(Consulté le 03-04-2012)



## Références Bibliographiques

- [44]- <http://www5.konicaminolta.eu/fr/instruments-de-mesure/produits/mesure-de-couleur/chromametres/cr-400-410/description.html>  
(Consulté le 08-04-2012)
- [45]- [https://docs.googleusercontent.com/viewer/securedownload/dsn1aovipa7l846lsfcf94nedj8g2p4u/ibbdlub1c2olqm29mks1cb1h3n5klqjs/1332588600000/Ymw=/AGZ5hq8BqbJY1gwaOYx83cPOdNw6/QURHRUVTZ0FrNHNTcS02ZUcyX284LW1xRUNVNI1QLXB5Wk3MzVkaWxzNEIraGZtaUtic29TafI2U0pjNVRjOVdQdVNTdIZIRWFaSiFaVFB rMnR5NGJFdEg3MXJwSHZpdEhuY3NsN201XzNNVIZOZEIjV0xEYTBIWDZRSGLxbHdyTDhMN2Zlc3FoSEo=?docid=39becf95961a5e6492172f6a55c241e7&chan=EgAAAIMVPm7uxdhExyduaHxnhUszBqohgXu6HdsK3liwroCa&sec=AHsqidZTTS6bDWLWaN7NknqvqfJgwfdu13vEUEaJJ8qsvVFRqhEU-7SH5nYFIFl6lxYe72dbwe&a=gp&filename=ch\\_ame\\_02\\_pub\\_RSA\\_34\\_6\\_253-259\\_f.pdf&nonce=2uqlh33ll188a&user=AGZ5hq8BqbJY1gwaOYx83cPOdNw6&hash=d9ee87p28im2ub1n56v3sauq5df17gtr](https://docs.googleusercontent.com/viewer/securedownload/dsn1aovipa7l846lsfcf94nedj8g2p4u/ibbdlub1c2olqm29mks1cb1h3n5klqjs/1332588600000/Ymw=/AGZ5hq8BqbJY1gwaOYx83cPOdNw6/QURHRUVTZ0FrNHNTcS02ZUcyX284LW1xRUNVNI1QLXB5Wk3MzVkaWxzNEIraGZtaUtic29TafI2U0pjNVRjOVdQdVNTdIZIRWFaSiFaVFB rMnR5NGJFdEg3MXJwSHZpdEhuY3NsN201XzNNVIZOZEIjV0xEYTBIWDZRSGLxbHdyTDhMN2Zlc3FoSEo=?docid=39becf95961a5e6492172f6a55c241e7&chan=EgAAAIMVPm7uxdhExyduaHxnhUszBqohgXu6HdsK3liwroCa&sec=AHsqidZTTS6bDWLWaN7NknqvqfJgwfdu13vEUEaJJ8qsvVFRqhEU-7SH5nYFIFl6lxYe72dbwe&a=gp&filename=ch_ame_02_pub_RSA_34_6_253-259_f.pdf&nonce=2uqlh33ll188a&user=AGZ5hq8BqbJY1gwaOYx83cPOdNw6&hash=d9ee87p28im2ub1n56v3sauq5df17gtr)  
(Consulté le 14-04-2012)
- [46]- [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZilyvkbT4GUJ:biblio.rsp.free.fr/Pdf/Cer2.pdf+Les+principales+r%C3%A9gions+productrices+de+bl%C3%A9+dans+le+monde.+sont+le+Moyen-Orient,+l'Am%C3%A9rique+du+Sud+\(Argentine\)+et+surtout+l'Am%C3%A9rique+du+Nord+\(pr%C3%A8s+de+2+millions+d'hectares+et+pr%C3%A8s+de+3+400+000+ten+1969+dont+1+400+000+ha+et+2+600+000+aux+USA.+Europe&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESjdczBhwVEch\\_8dFqfqaH42ucDTrbo174briPxGJx5uv4LTjFnriWO3ZU7eLSiXkAxVnEdam3Lx9DFecqGXR2NSh3wKoglszHVckNJ4KHvE4MRjeaKqvZEjmGy01CsCBC62T5xC&sig=AHIEtbRHazT6ivwuLzXjFV45cQ3wjMfWYA](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ZilyvkbT4GUJ:biblio.rsp.free.fr/Pdf/Cer2.pdf+Les+principales+r%C3%A9gions+productrices+de+bl%C3%A9+dans+le+monde.+sont+le+Moyen-Orient,+l'Am%C3%A9rique+du+Sud+(Argentine)+et+surtout+l'Am%C3%A9rique+du+Nord+(pr%C3%A8s+de+2+millions+d'hectares+et+pr%C3%A8s+de+3+400+000+ten+1969+dont+1+400+000+ha+et+2+600+000+aux+USA.+Europe&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESjdczBhwVEch_8dFqfqaH42ucDTrbo174briPxGJx5uv4LTjFnriWO3ZU7eLSiXkAxVnEdam3Lx9DFecqGXR2NSh3wKoglszHVckNJ4KHvE4MRjeaKqvZEjmGy01CsCBC62T5xC&sig=AHIEtbRHazT6ivwuLzXjFV45cQ3wjMfWYA)  
(Consulté le 18-04-2012)
- [47]- [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Gkr091453qcJ:www.metiers-alimentation.ac-versailles.fr/IMG/ppt/DOSAGE\\_humidite\\_JPBarreau.ppt+dosage+humidit%C3%A9&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESqSgWloXSRRm9s3AhyiHkCqZVVeJUplLJvQFvoQnt6qe7Kqz10zwX\\_rZ0\\_3Y008G2T1X9SnUjmNoWEg2dZ9jSTly96\\_iNYqtuQIQdLbjhXy2SArcpsawJ8lrGkYS58jgmYcWdmP&sig=AHIEtbSXhZ3Tg25Vil24hLAS-1yFQuKpPA](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Gkr091453qcJ:www.metiers-alimentation.ac-versailles.fr/IMG/ppt/DOSAGE_humidite_JPBarreau.ppt+dosage+humidit%C3%A9&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESqSgWloXSRRm9s3AhyiHkCqZVVeJUplLJvQFvoQnt6qe7Kqz10zwX_rZ0_3Y008G2T1X9SnUjmNoWEg2dZ9jSTly96_iNYqtuQIQdLbjhXy2SArcpsawJ8lrGkYS58jgmYcWdmP&sig=AHIEtbSXhZ3Tg25Vil24hLAS-1yFQuKpPA)  
(Consulté le 26-01-2012)
- [48]- [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Gkr091453qcJ:www.metiers-alimentation.ac-versailles.fr/IMG/ppt/DOSAGE\\_humidite\\_JPBarreau.ppt+dosage+de+humidit%C3%A9&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESqSgWloXSRRm9s3AhyiHkCqZVVeJUplLJvQFvoQnt6qe7Kqz10zwX\\_rZ0\\_3Y008G2T1X9SnUjmNoWEg2dZ9jSTly96\\_iNYqtuQIQdLbjhXy2SArcpsawJ8lrGkYS58jgmYcWdmP&sig=AHIEtbSKE6t6hntLx\\_VNSLuNI1HEZNX7FQ](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Gkr091453qcJ:www.metiers-alimentation.ac-versailles.fr/IMG/ppt/DOSAGE_humidite_JPBarreau.ppt+dosage+de+humidit%C3%A9&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEESqSgWloXSRRm9s3AhyiHkCqZVVeJUplLJvQFvoQnt6qe7Kqz10zwX_rZ0_3Y008G2T1X9SnUjmNoWEg2dZ9jSTly96_iNYqtuQIQdLbjhXy2SArcpsawJ8lrGkYS58jgmYcWdmP&sig=AHIEtbSKE6t6hntLx_VNSLuNI1HEZNX7FQ)  
(Consulté le 14-04-2012)
- [49]- [https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:kD5Bncy2prkJ:www.metiers-alimentation.ac-versailles.fr/IMG/ppt/TAUX\\_cendres\\_JPBarreau.ppt+taux+de+cendres&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEEShZ\\_ifwFNT02dh3HINmApA8mKEfoS-EXePRPGkm5gcHXGHTlYybdm2YY6IU9NGBV3q2IDfQ\\_xRugnZbTbXMQ8VY07VGYOI-y\\_a0saRREEUgRkX1lwdne8jXT2o\\_5V3rK2YRHH2a&sig=AHIEtbSVN8PJSNivEfET\\_HprKHRX\\_M3UVog](https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:kD5Bncy2prkJ:www.metiers-alimentation.ac-versailles.fr/IMG/ppt/TAUX_cendres_JPBarreau.ppt+taux+de+cendres&hl=fr&pid=bl&srcid=ADGEEShZ_ifwFNT02dh3HINmApA8mKEfoS-EXePRPGkm5gcHXGHTlYybdm2YY6IU9NGBV3q2IDfQ_xRugnZbTbXMQ8VY07VGYOI-y_a0saRREEUgRkX1lwdne8jXT2o_5V3rK2YRHH2a&sig=AHIEtbSVN8PJSNivEfET_HprKHRX_M3UVog)  
(Consulté le 05-04-2012)
- [50]- <http://www.cons-dev.org/elearning/stat/parametrique/5-3/5-3.html>  
(Consulté le 05-06-2012)



# RESUMES



**Résumé :**

Cette étude vise à comparer quelques caractères technologiques de différents types de blé dur (*Triticum durum Desf*), destinés à la fabrication de semoules : deux types importés (Canadien et Français) et un type local.

Une série d'analyses relatives aux caractères technologiques ont été effectués, pour les graines et pour les semoules des blés durs.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs enregistrées pour les différents paramètres estimés, aussi bien pour les graines que pour les semoules sont dans les normes de qualité, exigées par les législations, et ce pour les trois types de blés qui ont fait l'objet de l'étude, à l'exception du taux de mitadinage chez le blé local qui a enregistré une valeur élevée.

L'analyse statistique des résultats a affiché des différences significatives entre les différents types de blé étudiés, pour la majorité des paramètres estimés, aussi bien pour les graines que pour les semoules, et le blé Français a montré plus de qualités comparativement aux blés Canadien et local.

**Mots clés:** Blé dur, grains, semoule, caractéristiques technologiques, normes de qualité.

Produced with Scantopdf



## الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة بعض الخصائص التكنولوجية لأنواع مختلفة من القمح الصلب (*Triticum durum* Desf) المخصصة لصنع الدقيق: نوعين مستوردين (كندي و فرنسي) ونوع محلي.

أجريت سلسلة من التحاليل المرتبطة بالخصائص التكنولوجية للحبوب والدقيق القمح الصلب. و أظهرت النتائج المتحصل عليها أن القيم المسجلة لمختلف المعايير، بالنسبة للحبوب كما هو الحال بالنسبة للدقيق، تخضع لمعايير الجودة المطلوبة بموجب التشريع وهذا بالنسبة لأنواع الثلاثة التي كانت محور الدراسة، باستثناء التفريح الذي سجل نسبة كبيرة لدى القمح المحلي. وأظهر التحليل الإحصائي للنتائج اختلافات كبيرة بين أنواع القمح المدروسة، وهذا بالنسبة لأغلبية المعايير المقدرة، سواء منها الخاصة بالحبوب أو بالدقيق، و قد سجل القمح الفرنسي الكثير من المزايا مقارنة بالقمح الكندي و المحلي.

كلمات مفتاحية: القمح الصلب، حبوب، دقيق، خصائص تكنولوجية، معايير الجودة

**Summary:**

This study aims at comparing some technological characters of various durum wheat (*Triticum durum Desf*), intended for the manufacturing of semolina: two imported types (Canadian and French) and a local type.

Many analyses relative to the technological characters were made, for seeds and for semolina of the durum wheat.

The obtained results show that the values recorded for the various esteemed parameters, as well for the seeds as for the semolina are in the quality standards, required by legislations, and it for the three types of wheat who were the object of the study, with the exception of the rate of mitadinage, to the local wheat which recorded a high value.

The statistical analysis of the results showed significant differences between the various wheat, for the majority of the parameters studied, as well for the seeds as for semolina, and the French wheat showed more qualities compared to Canadian and Local wheat.

**Keywords:** Durum wheat, Seeds, Semolina, Technological characteristics, Standard Quality

Produced with Scantopdf

# ANNEXES



Produced by Scantopdf



## Annexe A :

Tableau A : Récoltes de blé dans le monde par grandes zones et principaux pays producteurs (Millions de tonnes) [14]

Région	2009	2010	2011(*)
<b>Extrême Orient</b>	<b>227,3</b>	<b>227,2</b>	<b>233,1</b>
- dont Chine	115,1	115,2	116
- dont Inde	80,7	80,8	85,9
<b>Europe</b>	<b>143</b>	<b>140,7</b>	<b>142,9</b>
- dont U.E.	138,3	136,8	138,4
<b>Ex-URSS</b>	<b>113,6</b>	<b>82,3</b>	<b>112,3</b>
- dont Russie	61,7	41,5	58
- dont Ukraine	20,9	16,8	21,5
- dont Kazakhstan	16,5	10	18
<b>Nord et Centre Amérique</b>	<b>91,5</b>	<b>87</b>	<b>82,3</b>
- dont Etats-Unis	60,4	60,1	54,4
- dont Canada	26,8	23,2	24,2
<b>Proche Orient</b>	<b>37,3</b>	<b>40,6</b>	<b>39,9</b>
- dont Turquie	18,5	17,5	19
- dont Iran	12	15,5	13,8
<b>Océanie</b>	<b>22,2</b>	<b>28,2</b>	<b>26,5</b>
- dont Australie	21,8	27,9	26,2
<b>Afrique</b>	<b>25,7</b>	<b>22,1</b>	<b>24,3</b>
- dont Egypte	8,5	7,5	8,7
- dont Maroc	6,4	4,9	6,1
<b>Sud Amérique</b>	<b>17,9</b>	<b>24,6</b>	<b>21,9</b>
- dont Argentine	8,8	14,7	13
- dont Brésil	5	5,9	5,1
<b>TOTAL MONDE</b>	<b>678,5</b>	<b>652,6</b>	<b>683,2</b>

Source : Conseil International des Céréales, chiffres du 24/11/2011  
 (\*) prévisions  
 Les pays sont ordonnés suivants les prévisions de l'année 2011.

**Tableau B** : Importations de blé dans le monde par grandes zones et principaux pays importateurs (Millions de tonnes) [14]

	2009	2010	2011(*)
<b>Afrique</b>	<b>37,7</b>	<b>38,3</b>	<b>39,6</b>
- dont Egypte	10,2	10,4	10,5
- dont Algérie	5,1	6,4	6
- dont Maroc	2,3	3,9	3
<b>Extrême Orient</b>	<b>34,2</b>	<b>37</b>	<b>37,7</b>
- dont Indonésie	5,4	6,6	6,6
- dont Japon	5,5	6	5,8
- dont Corée du Sud	4,4	4,9	4,9
- dont Bangladesh	3,5	3,4	3,5
- dont Philippines	3	3,2	3,3
- dont Chine	1,4	1	1,5
- dont Pakistan	0,2	0,1	0,2
- dont Inde	0,3	0,2	0,1
<b>Proche Orient</b>	<b>21,8</b>	<b>16,1</b>	<b>18,4</b>
- dont Irak	3,9	3,4	3,6
- dont Turquie	3,3	3,5	3,5
- dont Yémen	2,7	2,6	2,7
- dont Iran	3	0,2	0,1
<b>Sud Amérique</b>	<b>13,1</b>	<b>12,7</b>	<b>13</b>
- dont Brésil	6,7	6,7	6,6
- dont Pérou	1,6	1,8	1,7
- dont Vénézuéla	1,5	1,4	1,5
- dont Colombie	1,4	1,4	1,4
<b>Nord et Centre Amérique</b>	<b>8,8</b>	<b>9,3</b>	<b>9,5</b>
- dont Mexique	3,1	3,4	3,6
- dont Etats-Unis	2,2	2,2	2,8
- dont Cuba	0,7	0,8	0,8
<b>Europe</b>	<b>6,5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
- dont U.E.	5,1	4,7	7,6
<b>Ex-URSS</b>	<b>5,5</b>	<b>5,4</b>	<b>5,9</b>
- dont Russie	0,1	-	-
- dont Ukraine	-	-	-
<b>Océanie</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>
<b>TOTAL MONDE</b>	<b>129,3</b>	<b>125,9</b>	<b>136,4</b>

Source : Conseil International des Céréales, chiffres du 24/11/2011  
 (\*) prévisions  
 Les pays sont ordonnés suivants les prévisions de l'année 2011.

## Résumé :

Cette étude vise à comparer quelques caractères technologiques de différents types de blé dur (*Triticum durum Desf*), destinés à la fabrication de semoules : deux types importés (Canadien et Français) et un type local.

Une série d'analyses relatives aux caractères technologiques ont été effectués, pour les graines et pour les semoules des blés durs.

Les résultats obtenus montrent que les valeurs enregistrées pour les différents paramètres estimés, aussi bien pour les graines que pour les semoules sont dans les normes de qualité, exigées par les législations, et ce pour les trois types de blés qui ont fait l'objet de l'étude, à l'exception du taux de mitadinage chez le blé local qui a enregistré une valeur élevée.

L'analyse statistique des résultats a affiché des différences significatives entre les différents types de blé étudiés, pour la majorité des paramètres estimés, aussi bien pour les graines que pour les semoules, et le blé Français a montré plus de qualités comparativement aux blés Canadien et local.

**Mots clés:** Blé dur, graines, semoule, caractéristiques technologiques, normes de qualité.

المخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى مقارنة بعض الخصائص التكنولوجية لأنواع مختلفة من القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) المخصصة لصنع الدقيق: نوعين مستوردين (كندي وفرنسي) ونوع محلي. أجريت سلسلة من التحاليل المرتبطة بالخصائص التكنولوجية للحبوب ولدقيق القمح الصلب. وأظهرت النتائج المتحصل عليها أن القيم المسجلة لمختلف المعايير، بالنسبة للحبوب كما هو الحال بالنسبة للدقيق، تخضع لمعايير الجودة المطلوبة بموجب التشريع وهذا بالنسبة لأنواع الثلاثة التي كانت محور الدراسة، باستثناء التفرج الذي سجل نسبة كبيرة لدى القمح المحلي. وأظهر التحليل الإحصائي للنتائج اختلافات كبيرة بين أنواع القمح المدروسة، وهذا بالنسبة لأغلبية المعايير المقدرة، سواء منها الخاصة بالحبوب أو بالدقيق، وقد سجل القمح الفرنسي الكثير من المزايا مقارنة بالقمح الكندي والمحلي.

كلمات مفتاحية: القمح الصلب، حبوب، دقيق، خصائص تكنولوجية، معايير الجودة.

## Summary:

This study aims at comparing some technological characters of various durum wheat (*Triticum durum Desf*), intended for the manufacturing of semolina: two imported types (Canadian and French) and a local type.

Many analyses relative to the technological characters were made, for seeds and for semolina of the durum wheat.

The obtained results show that the values recorded for the various esteemed parameters, as well for the seeds as for the semolina are in the quality standards, required by legislations, and it for the three types of wheat who were the object of the study, with the exception of the rate of mitadinage, to the local wheat which recorded a high value.

The statistical analysis of the results showed significant differences between the various wheat, for the majority of the parameters studied, as well for the seeds as for semolina, and the French wheat showed more qualities compared to Canadian and Local wheat.

**Keywords:** Durum wheat, Seeds, Semolina, Technological characteristics, Standard Quality