

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



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité/Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire

**Thème : Influence du climat sur la qualité technologique du blé dur
(Triticum durum) de la wilaya de Guelma**

Présenté par : Filali Manal

Gouaidia Hadil

Ghorab Mohamed Ali

Devant le jury composé de :

Présidente : Laouar Hadia

M.C.B

Université de Guelma

Examineur : Baali Salim

M.A.A

Université de Guelma

Encadreur : Aissaoui Ryadh

M.C.A

Université de Guelma

Septembre 2021

Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier les membres de jury Dr **Laouar H.** et Dr **Baali S.** pour avoir accepté de faire partie de notre jury de soutenance et d'apporter leurs remarques constructives.*

*Nous nous ferons un agréable devoir de remercier notre encadreur Monsieur **Aissaoui Ryadh**, Maître de conférences à la faculté des Sciences de la nature et de la vie (Université 08 Mai 1945 de Guelma) pour nous avoir dirigé ce travail de recherche avec beaucoup d'efforts et nous avoir fait bénéficier de son expérience et de ses précieux conseils.*

Nous remercions tous le corps professoral du Département de biologie de l'Université du 8 mai 1945, Guelma pour leurs efforts et la qualité de leurs enseignements.

*Nos vifs remerciements sont adressés au groupe des moulins AMOR BENAMOR : **Merad Mouhcen, Boutabet Noureddine, Laarafa Mounir, Sellaoui Cherif, Meriem, Lobna** et toute l'équipe du laboratoire qui nous a fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien notre expérimentations..*

Ainsi que mademoiselle Louisa technicienne du laboratoire de notre faculté qui nous a beaucoup aidée.

Nous remercions encore toutes les personnes qui nous ont aidées à la collecte des échantillons du blé.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicace

Au nom du dieu le clément et le miséricordieux louange à ALLAH le tout puissant.

Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de remerciement : /Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond d'amour : /Je dédie le fruit de tant d'années de labeur, de courage et de patience à :

A ma famille qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

A mes parents, Aucune dédicace aussi parfaite et douce soit-elle, ne saurait exprimer toute ma reconnaissance et tout l'amour que je vous porte. Ce travail représente le fruit de votre soutien, vos sacrifices, et vos encouragements. Jamais il n'aurait vu le jour sans les conseils que vous avez consentis pour mon éducation. Je voudrais vous remercier pour votre amour que vous ma porter depuis toujours et surtout pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour nous. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie pleine de santé et de bonheur.

*A mes chers sœur **Rayiane, Roufaïda, Racha et Malak** qui m'avez toujours soutenu et encouragé durant ces années d'études.*

A la mémoire de mes Grands-pères et ma grand-mère. Que dieu leurs donne sa miséricorde.

A ma grand-mère Atika et à toutes les personnes de ma famille.

*A mes chers collègues **Hadil et mohamed** pour son aide au cours de toute la période de notre travail de mémoire.*

*A ma meilleure amie **Wiem** de m'avoir donné l'ordinateur et a tous mes proche : **Wiem, Imen, Wissal, Chaima** et tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail.*

Et au final à tous ceux que j'aime et qui m'aiment et à toutes personnes qui m'ont aidé de près ou de loin.

Merci...

Manal

Dédicace

Avant tout je rends à dieu de m'avoir donné la force et le courage d'achever ce travail, malgré toutes les difficultés traversées que je le dédie à :

Ma chère mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir.

*A ma chère sœur **Ghada**.*

*A mes chères frères **Amir** et **Anis**.*

A mon Ange gardien ma douce grande mère.

*A mon grand-père **Ahmed** paix a son âme que dieu le béni.*

Mes cousines, mes cousins et toute ma grande famille pour leurs encouragements.

*A mes trinômes **Manel** et **Mohamed Ali** je les remercie pour le courage qu'elles m'ont donnés et tous les moments qu'ont passé ensemble.*

*A mes merveilleuses amies : **Chaima** et **Siham**.*

A toute la promotion de la qualité de produit et sécurité alimentaire 2021.

Et enfin à toutes les personnes qui m'ont aidé et participé dans ce travail et tous ceux qui me sont chers.

Hadil

Dédicace

Ce projet fin d'étude est dédié à ma famille

*Particulièrement à **ma chère mère** qui m'a affectionné, supporté, motivé
tout au cours du chemin*

*A **Mon père** qui m'a fait ce que je suis aujourd'hui*

*A **Mon chère frère Mostapha** et ma sœur **Sabrine***

*A mes trinômes **Manel** et **Hadil** je les remercie pour le courage qu'elles
m'ont donnés et tous les moments qu'ont passé ensemble.*

*Et finalement à mes amis **Elias, Salem, Zakaria, Karim, Mounder,**
haythem, Islem, Anoir et Ammar qui n'ont jamais cessé de me soutenir.*

C'est avec un grand honneur de vous avoir tous à mes côtés.

Merci...

Mohamed Ali

Liste des figures

<i>N^o</i> <i>Figure</i>	<i>Titres</i>	<i>Pages</i>
01	Les graines de blé dur	06
02	Les grains de blé tendre	06
03	Les épis de blé mitadin	07
04	Structure schématique d'un grain de blé dur (coupe longitudinale)	10
05	L'évolution de la production mondiale du blé (2017-2020)	15
06	L'évolution de la production et l'importation du blé en Algérie 2010-2020	16
07	La carte de la wilaya de Guelma	24
08	Le cycle végétatif du blé	26
09	S.A.R.L Amor Benamor (M.A.B)	27
10	Un diviseur d'échantillons et Tamis de contrôle	30
11	Niléma-litre	32
12	Farinotome de Pohl	34
13	Une balance précise de 0,01 gramme et Four électrique à moufle	36
14	Glutomatic 2200, Glutork 2020, centrifugeuse gluten index	38
15	Infraneo	40
16	Comparaison du poids spécifique des 27 variétés de blé dur étudiées	46
17	Comparaison du PMG des 27 variétés de blé dur étudiées	47
18	Comparaison du taux de mitadinage des 27 variétés de blé dur étudiées	47
19	Comparaison du taux de cendre des 27 variétés de blé dur étudiées	48
20	Comparaison de la teneur en protéines des 27 variétés de blé dur étudiées	49
21	Comparaison des valeurs du taux d'humidité des 27 variétés de blé dur étudiées	49
22	Comparaison des valeurs de la teneur en Gluten des 27 variétés de blé dur étudiées	50
23	Comparaison des valeurs de la teneur en amidon des 27 variétés de blé dur étudiées	51

Liste de tableaux

<i>N° Tableau</i>	<i>Titres</i>	<i>Pages</i>
01	Les différentes espèces du genre Triticum	08
02	Classification botanique du blé dur	08
03	Composition biochimique de blé dur	14
04	Le Comportement des différentes variétés de blé dur à l'égard des stress	22
05	Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées	28
06	Tableau présente l'agrégage des 27 variétés de blé dur étudiées	45
07	Comparaison entre les régions de Guelma de point de vue technologique	52
08	Comparaison entre le poids spécifique du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	54
09	Comparaison entre le PMG du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	55
10	Comparaison entre le Taux de mitadinage du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	56
11	Comparaison entre le Taux de cendres du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	57
12	Comparaison entre la teneur en protéines du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	58
13	Comparaison entre la teneur en humidité du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	60
14	Comparaison entre la teneur en gluten sec du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	61
15	Comparaison entre la teneur en gluten humide du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie	62

Liste des abréviations

AFNOR	Association française de normalisation.
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CIC	Crédit industriel et commercial.
CO2	Dioxyde de carbone.
CTH	Comité technique d'homologation
DCWG	Direction de Commerce de la Wilaya de Guelma
DHS	Distinction, Homogénéité et Stabilité.
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
HP	Hauts Plateaux
HT	Hautement tolérante
IPD	Impuretés Proprement Dites
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).
ISO	Organisation Internationale de Normalisation
I.T.C.F	<i>Institut Technique des Céréales et des Fourrages</i>
I.T.G.C	Institut Technique Des Grandes Cultures Guelma.
J.C	Jésus-Christ
K	Potassium
Kg	Kilogramme
kg/an/habitant	Kilogramme par année par habitant.
L	Littoral
M.A.B	Moulins Amor Benamor
MS	Matière Sèche
MS	Moyennement Sensible
MT	Moyennement Tolérante
ONIC	Office National Interprofessionnel des Céréales
PI	Plaines Intérieures
PSII	Photosystème II

q/ha	Quintaux par l'hectare
S	Sensible
S.A.R.L	Société à responsabilité limitée
SL	Sublittoral
T	Tolérante
STATCAN	Statistique Canada
Tr/min	Tour par minute
URBACO	Centre d'Etudes & de Réalisation en Urbanisme de Constantine
USDA	Département de l'Agriculture des États-Unis
VAT	Valeur Agronomique et Technologique

Sommaire

Liste des figures

Liste de tableaux

Liste des abréviations

Introduction01

Partie première : Etude Bibliographique

Chapitre 01 : Généralité

1. Historique et Origine	04
1.1. Historique	04
1.2. Origine	04
1.2.1. Origine géographique	04
1.2.2. Origine génétique	04
1.3. Généralités sur le blé	05
1.3.1. Le blé dur : (<i>Triticum durum</i>)	05
1.3.2. Le blé tendre : (<i>Triticum aestivum</i>)	06
1.3.3. Les blés mitadins	07
1.4. Classification du blé dur	07
1.4.1. Classification génétique	07
1.4.2. Classification botanique	08
1.5. Composition du blé dur	08
1.5.1. Constitution histologique	08
1.5.1.1. Les enveloppes	09
1.5.1.2. L'albumen	09
1.5.1.3. Le germe	09
1.5.2. Composition biochimique du blé	10
1.5.2.1 Les glucides	10
1.5.2.1.1. L'amidon	11
1.5.2.1.2. Les pentosanes	11

1.5.2.2. Les protéines	11
1.5.2.2.1. Les gliadines	12
1.5.2.2.2. Les gluténines.....	12
1.5.2.3. Les lipides	12
1.5.2.4. Les enzymes	13
1.5.2.5. Les sels minéraux	13
1.5.2.6. Les vitamines	13
1.6. L'importance et la production du blé dans le monde et en Algérie.....	15
1.6.1. Dans le monde.....	15
1.6.2. En Algérie.....	15
1.7. Les variétés de blé dur.....	16
1.7.1. Les différentes variétés du blé dur nouvellement inscrite en Algérie.....	17
1.7.1.1. Benchicao	17
1.7.1.2. Megress.....	18
1.7.1.3. Setifis.....	18
1.7.1.4. Wahbi.....	18
1.7.1.5. Mansourah.....	19
1.7.1.6. Ain Lehma.....	19
1.7.1.7. Boutaleb.....	19
1.7.1.8. Oued El Bared	20
1.7.1.9. Targui	20
1.7.1.10. Massinissa.....	20
1.7.1.11. Saoura.....	21

Chapitre 02 : L'influence du climat sur le blé

2.1. Description de la région d'étude	23
2.1.1. Situation Géographique.....	23
2.1.2. Climat de la région d'étude.....	24
2.2. Facteurs climatiques influençant la qualité technologique du blé	25

2.2.1. La température.....	25
2.2.2. L'eau.....	25
2.2.3. Le stress hydrique.....	25
2.2.4. La lumière	26

Partie deuxième : partie pratique

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3. Matériel et méthodes.....	27
3.1. Présentation du lieu de stage au niveau des moulins Amor Benamor.....	27
3.1. Matériel végétal	27
3.3. Les paramètres technologiques étudiés.....	29
3.3.1. Les analyses physiques :	29
3.3.1.1. L'agréage.	29
3.3.1.1.1. Principe.....	29
3.3.1.1.2. Matériel.....	29
3.3.1.1.3. Mode opératoire.....	30
3.3.1.2. Mesure de la masse volumique ou le poids spécifique (PS).....	31
3.3.1.2.1 Principe.....	31
3.3.1.2.2. Matériel.....	31
3.3.1.2.3. Mode opératoire.....	32
3.3.1.2.4. Expression des résultats.....	32
3.3.1.3 Le poids de mille grains (PMG).	32
3.3.1.3.1. Principe	33
3.3.1.3.2. Matériel.....	33
3.3.1.3.3 Mode opératoire.....	33
3.3.1.3.4. Expression des résultats.....	33
3.3.1.4. Le taux de mitadinage.	33
3.3.1.4.1. Principe.....	34

3.3.1.4.2. Matériel.....	34
3.3.1.4.3. Mode opératoire.....	34
3.3.1.4.4. Expression des résultats.....	35
3.3.2. Les analyses chimiques :	35
3.3.2.1. Taux de cendre.....	35
3.3.2.1.1. Principe.....	35
3.3.2.1.2. Matériel.....	35
3.3.2.1.3. Mode opératoire.....	36
3.3.2.1.4. Expression des résultats.....	37
3.3.2.2. Teneur en gluten.	37
3.3.2.2.1. Principe.....	37
3.3.2.2.2. Matériel.....	38
3.3.2.2.3. Mode opératoire.....	38
3.3.2.3. Teneur en humidité.	39
3.3.2.3.1. Principe.....	39
3.3.2.3.2. Matériel.....	40
3.3.2.3.3. Mode opératoire.....	40
3.3.2.3.4. Expression des résultats.....	40
3.3.2.4. Teneur en protéine.	40
3.3.2.4.1. Principe.....	41
3.3.2.4.2. Matériel.....	41
3.3.2.4.3. Mode opératoire.....	41
3.3.2.4.4. Expression des résultats.....	41
3.3.2.5. Teneur en Amidon	41
3.3.2.5.1. Principe.....	41
3.3.2.5.2. Matériel.....	41
3.3.2.5.3. Mode opératoire.....	42
3.3.2.5.4. Expression des résultats.....	42

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1 L'analyse physique.....	43
4.1.1 L'agréage.....	43
4.1.2 Poids spécifique.....	46
4.1.3 Poids de mille grains.....	46
4.1.4 Taux de mitadinage.....	47
4.2 L'analyse chimique	48
4.2.1 Taux de cendres.....	48
4.2.2 Teneur en protéines.....	48
4.2.3 Taux d'humidité.....	49
4.2.4 Teneur en Gluten	50
4.2.5 Teneur en Amidon	50
4.3 Comparaison entre les variétés de point de vue valeur technologique	51
4.4 Comparaison entre les régions de point de vue valeur technologique	52
4.5. Discussion	53
Conclusion	63
Références bibliographiques.....	65

Annexe

Résumé

Introduction

Introduction

Les produits céréaliers constituent la base de l'alimentation humaine dans la plus part des pays du monde du fait qu'elles apportent la plus grande part calorique et protéique de la ration alimentaire. Ils sont principalement destinés à l'alimentation humaine (à hauteur de 75 % de la production) et assurent 15 % des besoins énergétiques. Elles servent également à l'alimentation animale (15% de la production) et même à des usages non alimentaires (**Lounis Khodja, 2010**).

La production céréalière nationale qui demeure largement déficitaire est loin de satisfaire la demande en croissance, d'où le recours au marché international pour s'approvisionner et combler l'écart entre la consommation et la production nationale. (**Benabdallah, 2010**).

En Algérie, cette place est d'autant plus importante que le pays espère atteindre une production stable de céréales, en particulier celle céréales d'hiver. La production des céréales avec le blé dur comme l'espèce la plus cultivée en occupant 41 % des terres agricoles demeure très insuffisante pour satisfaire la demande ce produit de large consommation estimé par **Zaghouane et al. (2006)** à 220 kg/an/habitant. (**Lounis Khodja, 2010**).

Le blé dur (*Triticum durum, Desf.*) est cultivé sur 10% des superficies réservées aux céréales (blé dur, tendre, riz et maïs). La culture de cette espèce est surtout localisée dans les pays du pourtour méditerranéen (Algérie, Maroc, Espagne, France, Italie, Grèce, Syrie), le Kazakhstan, l'Ethiopie, l'Argentine, le Chili, la Russie, le Mexique, le Canada (**Laala, 2010**).

En Algérie il y a toujours une sélection des variétés qui donne le plus de rendements ; la sélection du blé dur s'est faite en puisant fortement dans les introductions des centres internationaux de la recherche agronomique. Les variétés sélectionnées réussissent bien dans les plaines intérieures et sur le littoral, mais le niveau de rendements en grains reste très variable sur les hautes plaines. Les variétés nouvelles sont le plus souvent sélectionnées sur la base de leur niveau de rendement sans tenir compte des caractères adaptatifs qui sont des régulateurs de la production en milieux variables. La réussite de leur production dépend en grande partie, du choix de la variété appropriée, c'est-à-dire de sa résistance aux maladies, de son adaptation au sol et au climat, de son rendement et de la qualité du grain. (**Laala, 2010**).

Le blé dur (*Triticum durum, Desf.*) est confronté, en zones semi-arides d'altitude, à diverses contraintes climatiques qui rendent le rendement en grain très peu efficace comme critère de sélection. En effet, la majeure partie des emblavures se trouve sur les hautes plaines caractérisées par une altitude assez élevée (800 à 1200 m), des hivers froids, un régime

pluviométrique insuffisants et irrégulier, des gelées printanières fréquentes, et l'apparition du sirocco du fin de cycle (**Laala, 2010**).

Pour le blé dur (*Triticum durum Desf.*), la sécheresse est l'une des causes principales des pertes de rendement, qui varient de 10 à 80% selon les années, en région méditerranéenne (**Nachit et al., 1998**). Le manque d'eau reste le facteur le plus limitant auquel fait face la culture du blé dur, bien que des études récentes montrent que ce sont plutôt les basses températures hivernales et printanières qui handicapent cette spéculation (**Annichiarico et al., 2002, Annichiarico et al., 2005**).

Le changement climatique est attribué directement ou indirectement à toute activité humaine, en particulier la production industrielle et de l'usage et la couverture des sols (**CCNUCC, 2021**). Ces types d'activités cause des troubles au niveau de l'atmosphère globale en augmentant les concentrations de dioxyde de carbone, de méthane, d'oxyde nitreux et d'autres gaz à effet serre ainsi que d'aérosols dans l'atmosphère, perturbant ainsi le bilan énergétique de l'enveloppe superficielle terrestre ainsi que ses bilans hydrologique et chimique (**IPCC, 2013**).

L'agriculture est parmi les activités humaines la plus directement affectée par le changement climatique, notamment de type pluvial, à dominance céréalières comme la production du blé où l'augmentation des températures, la diminution des précipitations et l'augmentation de leur variabilité implique un décalage et un raccourcissement des cycles de végétation, affectant le rendement et donc la production (**Bouazza et al., 2002 ; Rousset, 2008**).

D'autre part, l'Algérie est considérée comme vulnérable aux effets des changements climatiques et elle fait partie des zones arides et semi-arides exposées aux sécheresses chroniques (**Aziza, 2006**). Les prospectives sur le changement climatique et la démographie montrent que les besoins alimentaires et hydriques seront croissants en Afrique du Nord, alors que les ressources en eau et les rendements agricoles seront plus restreints que prévus (**Rousset, 2007**).

Notre travail a pour objectif d'étudier quelques caractéristiques technologiques des grains de 27 variétés de blé dur de la région de Guelma afin de les comparer et les évaluer par rapport au climat de cette région.

Le mémoire est structuré globalement en deux parties complémentaires : la première partie bibliographique regroupe deux chapitres :

- Le chapitre I : englobe les généralités sur le blé dur.
- Le chapitre II : traite l'influence du climat sur le blé dur.

Dans la deuxième partie qui expose la partie expérimentale, est subdivisée en deux chapitres :

- Le chapitre III : consacré aux matériel et méthodes utilisés au laboratoire pour la réalisation de notre partie pratique et à la description de la région d'étude.
- Le chapitre IV : rassemble l'ensemble des résultats obtenus ainsi et que leur interprétation et discussion avec d'autres travaux antérieurs.

Chapitre 01

Généralités sur le blé

1. Historique et Origine

1.1. Historique

Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, appartenant au genre *Triticum*, de la famille des Graminées ou « Poaceae » (Zalani et all ,2020). C'est l'une des premières espèces cueilliées et cultivées par l'homme, et continue de dominer le commerce mondial de Céréales, devant le maïs et le riz. Le blé avec le riz (*Oriza L.*) et le Maïs (*Zea maydis L.*) constituent la base alimentaire des populations du globe. (Khebbat, 2015).

Selon les archéologues, le blé est apparu entre 7000 et 9000 avant J.C dans la région qui s'étend entre la Palestine, la Syrie, la Turquie, l'Iraq et une grande partie de l'Iran dite le croissant fertile (Haddad, 2010). Cette période coïncidait avec un épisode climatique sec, aboutissant au passage des premiers groupements humains de l'état de chasseurs - cueilleurs d'une civilisation de nomades à celle d'agriculteurs sédentarisés est le résultat de la domestication progressive de Graminées cultivées dont la plus ancienne semble être le blé dur (Oudjani, 2009). Des restes de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VIIème millénaire avant J.C ont été découvertes sur des sites archéologiques au Proche Orient (Maamri, 2009). La culture du blé a commencé à se répandre au-delà du croissant fertile au cours de la période néolithique, pour atteindre la mer Égée, le sous-continent indien, l'Afrique et l'Europe, suite les mouvements migratoires des peuplades d'Antan (Haddad, 2010).

1.2. Origine

1.2.1. Origine géographique :

La domestication du blé dur a eu lieu dans le croissant fertile dans la zone localisée autour de l'amont du Tigre et de l'Euphrate, dans les territoires de la Syrie et de la Turquie (Haddad, 2010). Les blés sauvages tétraploïdes sont largement répandus au Proche-Orient, où les humains ont commencé à les récolter dans la nature .En comparaison avec les blés diploïdes, leurs grands épis et leurs gros grains, les rendaient beaucoup plus intéressants pour la domestication (Maamri, 2009).

1.2.2. Origine génétique :

Le blé est un monocotylédone appartenant au genre *Triticum*, trois groupes de *Triticum* sont connus, répartis selon le nombre de leurs chromosomes.

Le groupe diploïde ($2n=14$ chromosomes) ou groupe *Triticum monococcum*, le groupe tétraploïde ($2n=28$ chromosomes) ou groupe *Triticum dicococcum* dans lequel on trouve

Triticum durum (blé dur) et le groupe hexaploïde ($2n=42$ chromosomes) représenté par *T.vulgare* ou *T.aestivum* (blé tendre et *T.spelta*) (Chaoui et Talbi, 2020).

Génétiquement, le blé dur est allo-tétraploïde (deux génomes : AABB) (Maamri, 2009), et son origine remonte au croisement entre deux espèces ancestrales *Triticum monococcum* et une Graminée sauvage *Aegilops speltoïde*. Le nombre chromosomique de base hérité du genre *Triticum monococcum* est désigné par A et celui dérivé de l'*Aegilops* est dénommé B, de sorte que *Triticum durum* a une garniture chromosomique désignée par AB (Khebbat, 2015). Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome A a une paire de chromosomes homéologues du B, à laquelle elle est étroitement apparentée (Maamri, 2009).

1.3. Généralités sur le blé

Le blé est une céréale autogame appartenant au groupe des Angiospermes monocotylédones, de l'ordre des Glumiflorales de la famille des Graminées ou (*Poaceae*) et genre *Triticum*. (Kara, 2015). C'est une plante herbacée annuelle de 75cm à 1,5m de haut. Le grain est un fruit sec et indéhiscant appelé caryopse constitué d'une graine et de téguments. (Bounneche, 2015). Le blé dur (*Triticum durum*) et le blé tendre (*Triticum aestivum*) sont les deux espèces les plus cultivées dans le monde. (Kara, 2015). Toutes les différentes variétés de blé sont réparties en trois grandes catégories :

1.3.1. Le blé dur : (*Triticum durum*)

Le blé dur, *Triticum durum*, appelé ainsi en raison de la dureté de son grain (Khebbat, 2015), il est cultivé dans les pays aux climats chauds et secs. Les grains du blé dur sont allongés, généralement même pointu, plutôt mince et légèrement translucides (Fig.01). Ils donnent moins de son que les blés tendres, bien que contenant plus de gluten (12 à 14%) et conviennent moins à la panification. Ainsi, il apporte de nombreuses vitamines (A, B, E, K, D) et de nombreux sels minéraux. Le blé dur est utilisé essentiellement en semoulerie, pour la fabrication des pâtes alimentaires et du couscous. (Amira et Fadel, 2013).



Figure 01 : Figure présentant des graines de blé dur. (Photo prise par Filali, 2021).

1.3.2. Le blé tendre : (*Triticum aestivum*)

Le blé tendre appelé aussi froment, est cultivé dans les hautes latitudes. Les grains du blé tendre sont arrondis, et leurs enveloppes sont épaisses et sans transparence (Fig.02). 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 (Aissaoui et Oumeddour, 2011), servant à la biscuiterie, la pâtisserie et la préparation de la pizza. (Amira et Fadel, 2013).



Figure 02 : Figure présentant des grains de blé tendre. [1]

1.3.3. Les blés mitadins :

Ces blés ont des caractéristiques et des qualités intermédiaires entre les blés tendres et les blés durs. Les grains sont plus plats que les grains de blé tendre et moins longs que ceux du blé dur. Les enveloppes assez résistantes d'une épaisseur moyenne, contenant du gluten de très bonne qualité. Le blé mitadiné (Fig.03) est parfois employé comme un blé de force, mélangés à des blés tendres, aboutissant des farines de très bonne qualité utilisées en panification. (Bellagoun et Medini, 2015).



Figure 03 : Figure présentant les épis de blé mitadin. [2]

1.4. Classification du blé dur

1.4.1. Classification génétique :

Depuis le début de XIX siècle, les blés ont fait l'objet de nombreuses études cytogénétiques, et en une série de polyploïdes. Ils diffèrent par leur nombre de chromosomes et par la constitution de leur génome. Certains sont diploïdes (ils ont deux jeux de chromosomes) et partagent le génome appelé AA. D'autres sont tétraploïdes (quatre jeux de chromosomes) et de formule AA BB. Alors qu'un autre groupe est hexacorde (six jeux de chromosomes) et de formule AA BB DD. Enfin, des blés endémiques de (Georgie) forment une série parallèle, avec les génomes AA GG et AA AA GG. (Oudjani, 2009). Selon Mackey (1968), le genre *Triticum* est divisé en cinq espèces (Tab.01), (Amira et Fadel, 2013).

Tableau 01 : Les différentes espèces du genre *Triticum* (Mackey, 1968).

Espèces	Nombre de chromosomes	Constitution des génomes
<i>T.monococcum</i>	2n=14	Génomes AA
<i>T. turgidum</i>	2n=28	Génomes AABB
<i>T.timopheevi</i>	2n=28	Génomes AABB
<i>T. aestivum</i>	2n=42	Génomes AABBDD
<i>T.zhukovskyi</i>	2n=42	Génomes AABBDD

Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *T. turgidum ssp. durum* est de loin le plus important. (Maamri, 2009).

1.4.2. Classification botanique :

Le blé dur est une plante herbacée, appartenant au groupe des céréales à paille (Amira et Fadel, 2013), le tableau suivant résume la classification botanique :

Tableau 02 : Classification botanique du blé dur (Feillet, 2000).

Embranchement	Angiospermes
Sous embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Classe	<i>Monocotylédones</i>
Ordre	<i>Glumiflorales</i>
Super ordre	<i>Comméliniflorales</i>
Famille	<i>Gramineae</i>
Tribu	<i>Triticeae</i>
Sous tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>Triticum durum Desf</i>

1.5. Composition du blé dur

1.5.1. Constitution histologique

Sur le plan histologique, le grain de blé dur est formé de trois types de tissu : le germe (3%), les enveloppes (13-16% du grain) et l'albumen (80-85% du grain). (Bounneche, 2015).

1.5.1.1. Les enveloppes :

Les enveloppes constituent 14 à 16% du poids du grain de blé. Selon Godon et Willem (1991), elles sont d'épaisseur variable et sont formées de 3 groupes de téguments soudés (Fig.04) (**Benkhelifa et Siouda, 2016**) :

a. Le péricarpe ou tégument du fruit constitué de 3 assises cellulaires :

- Epicarpe, protégé par la cuticule et les poils.
- Mésocarpe, formé de cellules transversales.
- Endocarpe, constitué par des cellules tubulaires.

b. Le testa ou tégument de la graine constituée de 2 couches de cellules.

c. L'épiderme du nucelle appliqué sur l'albumen sous-jacent.

Après la mouture, l'enveloppe détachée de l'amande devient le son en semoulerie. (**Aissaoui et Oumeddour, 2011**).

1.5.1.2. L'albumen :

Représentant le constituant majeur du poids du grain à un taux de 81 à 88% (Fig.04) (**Aissaoui et Oumeddour, 2011**). C'est une substance blanche friable constituée de grains d'amidon entourés par un réseau de gluten. Selon Godon (1991), cette partie de la graine est très développée dans laquelle s'accumulent les réserves qui servent au développement de la plante lors des premiers stades végétatifs. Elle est constituée par une section de couches (**Bouneche, 2015**) : qui sont l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois cellulodiques sont peu visibles) et la couche à Aleurone (**Zalani et all, 2020**). Sa partie inférieure est délimitée par le germe (**Bouneche, 2015**).

1.5.1.3. Le germe :

Le germe constitue 2,5 à 3% du poids des grains, situé à la plus grosse extrémité du grain (Fig.04) (**Aissaoui et Oumeddour, 2011**). Composé d'un embryon (lui-même formé de la coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum (**Feillet, 2000**). Son élimination lors de la mouture aide à éviter le rancissement et augmente la durée de conservation. (**Zalani et all, 2020**).

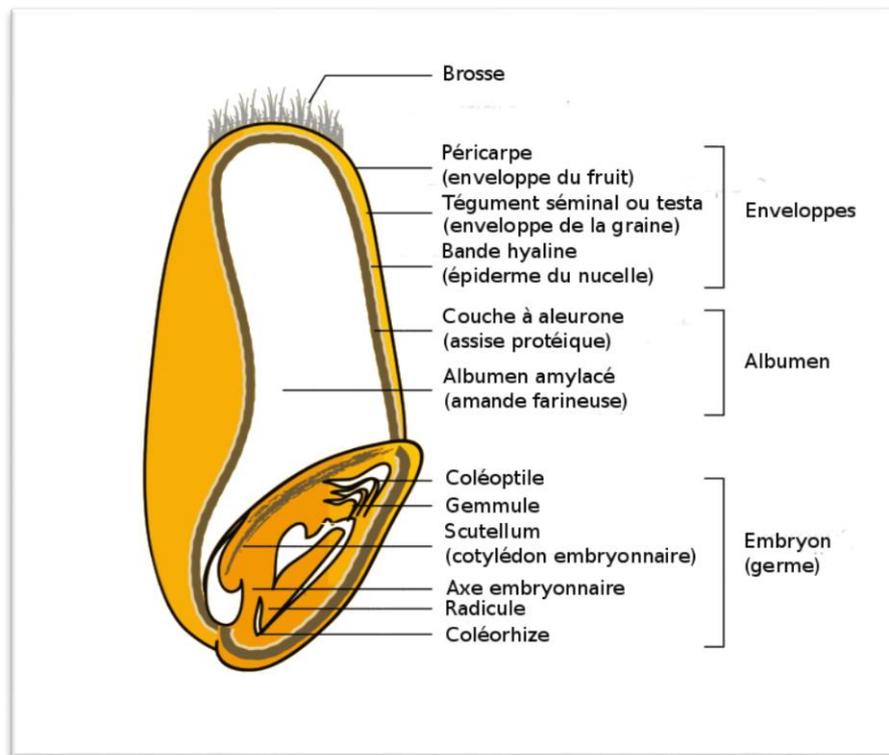


Figure 04 : Structure schématique d'un grain de blé dur (coupe longitudinale) [3].

1.5.2. Composition biochimique du blé

Selon Cretois et *al* (1985), Abed et Belabdelouhad (1998), les grains de céréales sont des organes végétaux particulièrement déshydratés, leur teneur en eau est environ de 14 %.

Le cotylédon du blé représente 82 % à 85 % du grain et accumule toutes les substances nutritives nécessaires : 70 à 80 % de glucides, 9 à 15 % de protéines, 1, 5 à 2 % de lipides, substances minérales et vitamines. Pendant la maturité de la graine les substances de réserves sont accumulées soit dans le cotylédon, soit dans le péricarpe. Ces substances sont principalement des métabolites qui assurent la nutrition de la plantule lors de la germination (Benkhelifa et Siouda, 2016).

1.5.2.1. Les glucides :

Ils constituent la majeure partie de l'albumen. La zone interne de l'amande est particulièrement riche en glucides surtout sous leur forme polymérisés, l'amidon. Selon Fredot (2005), les glucides sont répartis en deux grands groupes : assimilables (midon) et non assimilables (pentose). (Bounneche, 2015).

1.5.2.1.1. L'amidon :

Le constituant dominant des céréales est toujours l'amidon. La farine de blé contient 12 à 14% d'eau pour environ 75% d'amidon (**Bounneche, 2015**).

Chimiquement l'amidon est un polymère de glucose. Il se présente sous deux formes : l'amylose (homo polymère linéaire de 500 à 6000 unités D-glycosyl) et l'amylopectine (homo polymère possédant une structure ramifiée branché à des dizaines de milliers d'unités de glucose sous forme de D-glucopyranose). La qualité de l'amidon dépend du rapport : amylose/amylopectine (**Bellagoun et Medini, 2015**). L'amidon de blé regroupe deux types de granules : le type A (plus gros et lenticulaires) et le type B (plus petites et sphériques). L'amidon a un rôle important dans la panification puisqu'il assure la dilution du gluten, fixe l'eau et constitue une source de sucres fermentescibles (**Feillet, 2000**).

1.5.2.1.2. Les pentosanes :

Les pentosanes qui sont des polysaccharides non amyliques constitutifs des parois végétales, représentent les principaux constituants des parois cellulaires de l'albumen 70 à 80%, de 6 à 8% du gluten et de 2 à 3% de la farine (**Feillet, 2000**).

La teneur en ces glucides est bien inférieure à celle de l'amidon, mais leurs présences on confère la capacité d'hydratation de la farine. (**Bounneche, 2015**). Les pentosanes déterminent la solubilité ou l'insolubilité dans l'eau et sont sous forme arabinoxylanique ou arabinogalactonique. Ils sont liés de manière covalente à la protéine pour former une glycoprotéine qui une fois dissoute ne sera pas dénaturée par la chaleur et y participera avec l'acide férulique, au phénomène du gel durant la cuisson de la pâte (**Bellagoun et Medini, 2015**). Les pentosanes sont également utilisés comme liants pour l'eau dans le processus de pétrissage et joueront un rôle important en augmentant le volume de pain (**Bounneche, 2015**).

1.5.2.2. Les protéines :

Les grains de blé dur sont composés d'environ 12% de protéines, et se situent dans l'albumen et la couche à aleurone. Ce contenu peut varier (de 8 à 20% MS), selon la variété, le climat, l'agronomie et des conditions physiologiques du développement des plantes, les parties histologiques des grains et de la maturation des grains. La teneur en protéines est le déterminant des caractéristiques rhéologiques et culinaires des semoules. Ils sont responsables de la qualité des pâtes à 87% (**Liu et al, 1996 cité in Atamnia et al. 2011**).

La qualité des protéines est un caractère extrêmement héritable et seulement une partie de celle-ci est affectée par l'environnement. Quantitativement parlant, la teneur en protéines dépend principalement des conditions agronomiques pour la croissance des plantes. Sur le plan qualitatif, il repose sur les différences de propriétés des protéines, étant liée au patrimoine génétique de la variété (**Mok, 1997 cité in Atamnia et al. 2011**).

Les protéines de blé peuvent être classées selon leurs caractéristiques de solubilité. D'un côté les globulines et les albumines (15% à 20% des protéines totales) sont dissoutes dans les solutions salines diluées, d'autre part les protéines du gluten (80% à 85% de protéines totales) restent insolubles. Le gluten peut être séparé en lavant simplement la pâte sous l'eau courante, puis lyophilisé. Composé de protéines (80%), lipides (8%), de sels minéraux et de glucide, le gluten, fraction insoluble des protéines dans une solution saline, est responsable aux propriétés rhéologiques de la pâte (c'est-à-dire la ductilité, l'élasticité et la ténacité) sont les principaux facteurs. Ces dernières affectent le comportement des pâtes pendant le processus de fabrication et la qualité du produit final. Le gluten est un mélange de deux ratios différents de protéines : gliadine (40% à 45%) et gluténines (55% à 60%) (**Armand et al. 1992**).

1.5.2.2.1. Les gliadines :

Ils ont une structure pliée et se composent de 35 000 à 44 000 d'unités moléculaires Daltons. La stabilité de ces unités est assurée par des liaisons disulfures intramoléculaires. L'hydratation de la gliadine à l'état naturel produit une substance visqueuse, extensible et a une faible élasticité (**Armand et al. 1992**).

1.5.2.2.2. Les gluténines :

Elles sont composées de 16 000 à 149 000 d'unités moléculaires Daltons, regroupé par des liaisons disulfures. Leur poids moléculaire est compris entre 1 et 3 millions de Daltons, et l'ensemble montre une structure plus ou moins allongée. Le gluten hydraté est cohésif, plus résistant et plus élastique que la gliadine (**Armand et al. 1992**).

1.5.2.3. Les lipides :

Les lipides du blé sont relativement des constituants mineurs aux autres composants, représentent seulement 2 à 3% du grain sec. Certains sont libres, mais la plupart sont associées aux composants majeurs telles que l'amidon et les protéines.

Il existe une vingtaine de substances lipidiques, soit 60% sont des lipides libres extractibles par l'éther de pétrole tandis que le reste sont liés et représentés principalement par les glycolipides.

Les lipides jouent un rôle important dans la technologie des produits céréaliers, que ce soit lors de leur fabrication en intervenant sur les caractéristiques rhéologiques, l'émulsification et la production de composés volatiles des pâtes, et par conséquent sur la qualité du produit fini, ou au cours du stockage, en raison des altérations consécutives de leurs acides gras polyinsaturés facilement oxydables (**Feillet et Dexter, 1996**). Sur le plan nutritionnel, les lipides n'ont pas un rôle notable, par contre ils ont une influence sur la qualité culinaire des pâtes en s'associant aux protéines au cours du malaxage ou du séchage des pâtes (**Laignelet, 1983**). Les lipides neutres ou non polaires agiraient comme lubrifiants et tensioactifs en conjonction avec les protéines et l'amidon, permettant ainsi le développement d'une bonne pâte boulangère au moment du pétrissage et les lipides polaires auraient pour effet d'augmenter le volume du pain. Les lyso-phospholipide, et en particulier leur incorporation sous forme partiellement hydrolysée, joueraient un rôle synergique à la fois dans la tolérance de la pâte au pétrissage que sur le volume du pain (**Armand et al. 1992**).

1.5.2.4. Les enzymes :

Il y a une petite quantité d'enzymes dans la semoule. Les plus courantes sont les protéases, les lipases, les lipoxygénases et les amylases, bien que la documentation rapporte qu'il existe également la phytase (une phosphatase), des peroxydases et des catalases. Il est important de noter que la farine et la semoule de blé sont relativement pauvres en systèmes enzymatiques protidiques. Dans le processus continu de conversion des grains en farine et en semoule, la protéase ne joue pas un rôle important au cours de la transformation du grain en semoule et en farine, mais éventuellement au cours du stockage à long terme du blé (**Armand et al. 1992**).

1.5.2.5. Les sels minéraux :

Le blé dur est une source significative en magnésium, calcium, sodium, phosphore, potassium. Ainsi que le taux des sels minéraux de la semoule de blé est fonction du degré de minéralisation du grain, mais surtout des paramètres du conditionnement et du diagramme de mouture (taux d'extraction), mis en œuvre par meunier ou le semoulier. La teneur du grain de blé dur en sodium est faible (0,01-0,05mg/g). Les concentrations des autres macroéléments sont typiquement de 3,8-5,5 mg/g de potassium (K), 1,8-5,2 de phosphore (P), 1,0-1,5 mg/g de magnésium et 0,32-0,47mg/g de calcium (Ca). (**Erdman et Moul, 1982 ; Mermut et al., 1996 ;**

Cubadda et al., 2009, 2012 a,b; Ficco et al 2009; Spiegel et al., 2009). Les substances minérales des différentes parties du grain de blé présentées dans le tableau N°= 03.

1.5.2.6. Les vitamines :

Les grains de blé contiennent principalement deux types de vitamines : hydrosoluble et liposoluble. La seule vitamine liposoluble présente est la vitamine E (1.4mg pour 100g). Ainsi que les hydrosolubles qui présentes une source riche en vitamine de groupe B.

Pour 100g de blé nous avons les teneurs suivants : 0.48mg, 0.2mg, 5.1mg et 50µg respectivement pour les vitamines B1, B2, niacine ou B3 et B6 (Vierling, 2003). Les teneurs en vitamines des différentes parties du grain de blé sont également mentionnées dans le tableau N°03.

Tableau 03 : Composition biochimique de blé dur (Henri, 1992).

<i>Composition biochimique</i>	<i>Quantité</i>
<i>Glucides</i>	70.0
<i>Lipides</i>	1.9
<i>Protéines</i>	11.7
<i>Vitamines</i>	
<i>1-Vitamine Hydrosolubles</i>	
<i>Thiamine (B1)</i>	0.48
<i>Riboflavine (B2)</i>	0.2
<i>Niacine (PP)</i>	5.1
<i>Pyridoxine (B6)</i>	0.005
<i>2-Vitamines liposolubles</i>	
<i>Vitamine E</i>	1.4
<i>Minéraux (mg/g)</i>	
<i>Calcium</i>	0,32 – 0,47
<i>Magnésium</i>	1,0 – 1,5
<i>Phosphore</i>	1,8 – 5,2
<i>Potassium</i>	3,8 – 5,5
<i>Sodium</i>	0,01 – 0,05

- Quantité en g/100g.

- Minéraux en mg/g

1.6. L'importance et la production du blé dans le monde et en Algérie

1.6.1. Dans le monde

Dans le monde, la culture des céréales représente un secteur économique important.

La récolte mondiale de blé dur en 2019 de 35,6 millions de tonnes a été marquée par une forte baisse pour la plupart des pays producteurs et fournisseurs du marché mondial (excepté le Mexique) alors que la production des principaux pays consommateurs et acheteurs du marché a indiqué une hausse globale (Fig.05). Les zones de production les plus touchées par la baisse sont : L'Union Européenne (dont la France en particulier mais aussi l'Espagne et l'Italie), Canada et les USA (CIC, 2019).

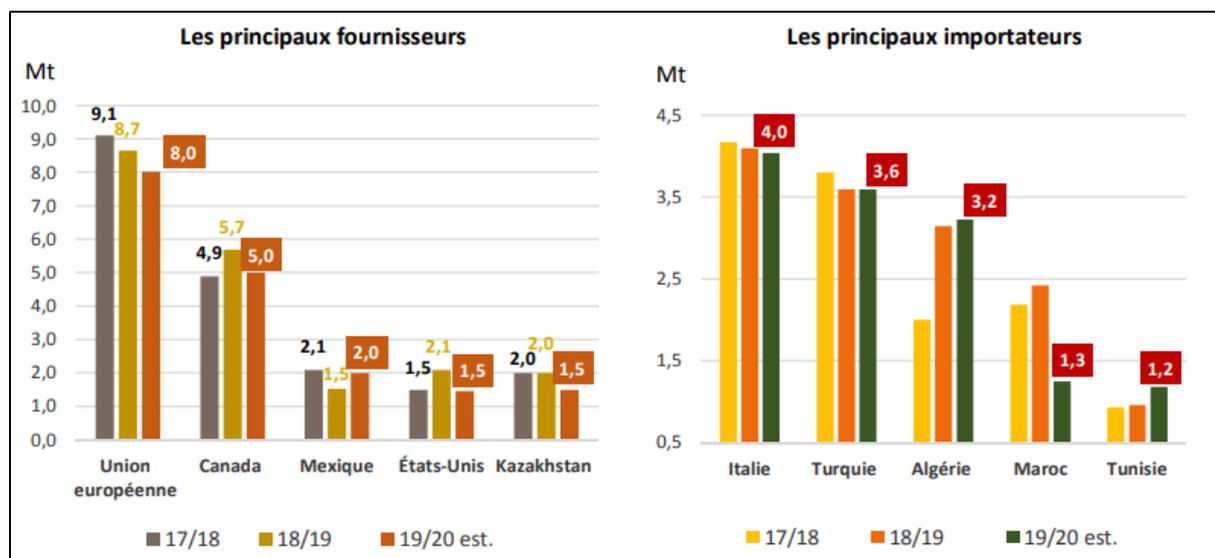


Figure 05 : Représentant l'évolution de la production mondiale du blé 2017-2020

(CIC / USDA / Statcan, 2019).

1.6.2. En Algérie

Le blé dur fait partie des céréales d'hivers en demeurant l'aliment de base des régimes alimentaires algériens et revêtent une importance stratégique dans la nutrition humaine et l'alimentation animale. Par conséquent, elles occupent une place privilégiée dans l'agriculture algérienne (Boulai et al., 2007). Ces régimes alimentaires sont basés principalement sur la consommation de couscous, des pâtes, du pain, et du frik (Benbelkacem et al., 1995).

La production du blé a reconnu une amélioration à la fin de la campagne de 2019/2020. Elle est estimée à un niveau supérieur à la moyenne de 3.2 millions de tonnes

(Fig.06), grâce aux pluviométries bien distribuées notamment dans les régions de l'Est et le Nord-Est qui a fourni une condition favorable au développement des cultures (FAO, 2020).

En revanche la distribution des pluies a été moins favorable dans les régions du Sud-Ouest du pays. Même avec cette production nationale importante, le pays dépend fortement sur les importations afin de satisfaire ses besoins.

Au cours des cinq dernières années, où il a été importé une moyenne d'environ 7,8 Millions de tonnes chaque année (FAO, 2020).

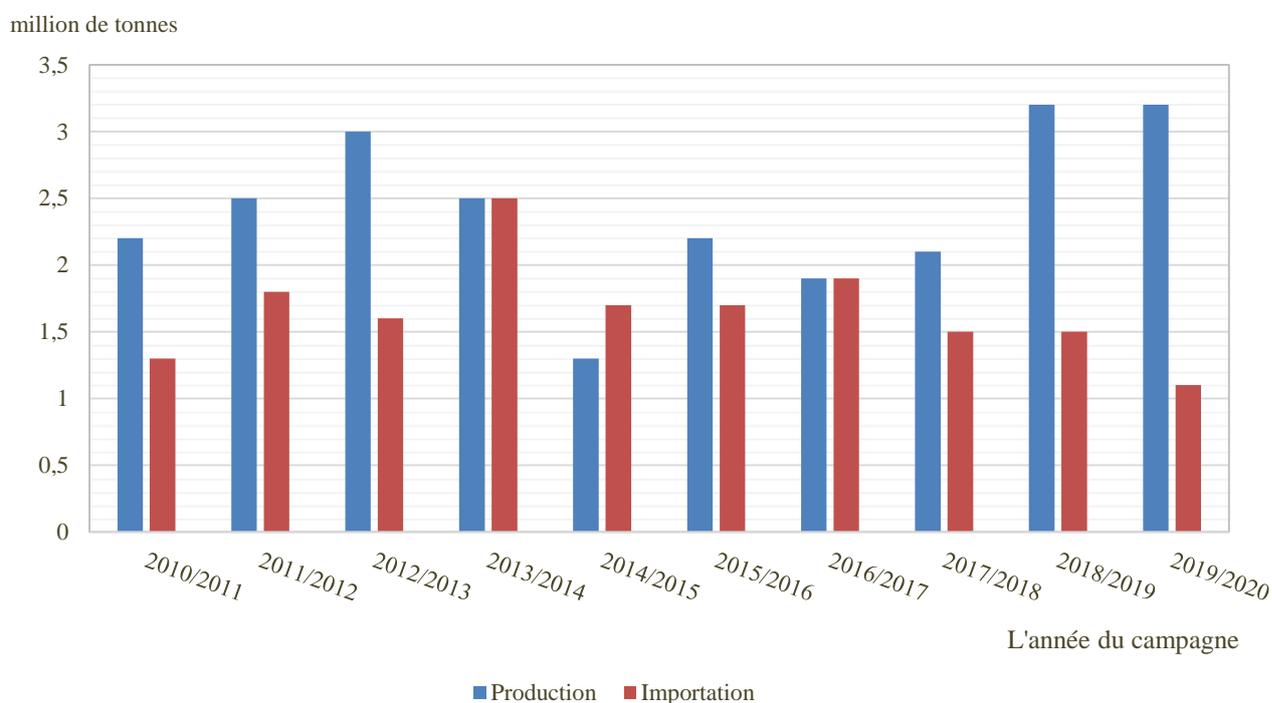


Figure 06 : Représentant l'évolution de la production et l'importation du blé en Algérie 2010-2020 (CIC, 2019).

1.7. Les variétés de blé dur

Introduction :

La réussite de la production céréalière est grandement tributaire du choix variétal, lequel, doit répondre à de multiples exigences, entre autres, la zone d'adaptation, le rendement, la qualité technologique et la résistance aux stress biotiques et abiotiques (ITGC, 2019).

En Algérie, la variété proposée à l'inscription et à l'homologation subit selon la réglementation des tests de DHS (Distinction, Homogénéité et Stabilité) et de VAT (Valeur

agronomique et technologique) dans cinq différentes zones agro-écologique (le littoral, le sublittoral, les plaines intérieures, les hauts-plateaux et le sud) durant trois cycles végétatifs successifs. Ces essais pourront être limités à deux cycles si la variété ne présente pas de variations au cours des deux premières années. Après évaluation des résultats d'essais, la variété passera au CTH (comité technique d'homologation) qui décidera de son inscription ou non dans la liste des variétés autorisées à la production et à la commercialisation (ITGC, 2019).

Il existe au total 60 variétés homologuées, néanmoins, seulement 17 variétés sont produites en semences de base et de pré-base (campagne 2018/2019) avec 6 variétés qui occupent à elles seules 84% de la superficie céréalière du programme de blé dur, dont :

1. Vitron occupant 27%.
2. Boussallem occupant 19%.
3. Simeto occupant 14%.
4. Chen'S occupant 9%.
5. Waha occupant 8%.
6. Gta dur occupant 7%.

Durant la dernière décennie (2010-2020), plusieurs nouvelles variétés sont progressivement introduites en production de semence en tenant en considération l'aspect du zonage agro-climatique et la spécificité de chaque région. En effet, et à titre d'exemple, les variétés Megress, Ain Lehma, et Targui occupent de plus en plus de superficies en blé dur et elles sont en plein essor dans les wilayas de Sétif, Constantine et Blida, respectivement (ITGC, 2019).

1.7.1. Les différentes variétés du blé dur nouvellement inscrite en Algérie.

1.7.1.1. Benchicao :

Inscrite en 2011, Benchicao est une variété précoce à port dressé (ITGC, 2019).

Se caractérise par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 40 q/ha.
- Un poids de mille grains élevé.
- Le bon comportement à l'égard des stress biotiques et abiotiques. (Tab.04)
- Un bon rendement en semoule, et une bonne valeur semoulière.

- Résistant à la moucheture et au mitadinage.

1.7.1.2. Megress :

Inscrite en 2011, Megress est une variété précoce à fort tallage et de hauteur courte, et en plein essor principalement dans la wilaya de Sétif (ITGC, 2019). Cette variété se caractérise par :

- Sa bonne adaptation même pour les régions du Sud.
 - Sa bonne qualité semoulière.
 - Un rendement en grain optimal en pluvial : 40 q/ha.
 - Un rendement en grain optimal en irrigué : 70 q/ha.
 - Un poids de mille grains élevé.
 - Le rendement en semoule moyen.
 - Une résistance à la moucheture et sensible au mitadinage.
 - Elle présente un taux de gluten élevée, et un indice de jaune faible.
- Utilisé pour la fabrication du « frik » à cause de sa ressemblance avec la variété Mohamed Ben Bachir.

1.7.1.3. Setifis :

Inscrite en 2011, Setifis est une variété sensible tardive à hauteur moyenne et tallage, et bien adaptée à la zone de Sétif (ITGC, 2019).

Ses caractéristiques sont :

- Un rendement en grain optimale en pluvial : 55 q/ha.
- Un rendement en grain optimale en irrigué : 72 q/ha.
- Un poids de mille grains élevé.
- Le rendement en grain et en paille est élevé.
- Une bonne tolérance aux stress biotiques et abiotique. (Tab.04)
- Une valeur semoulière moyenne.
- Résistant à la moucheture et sensible au mitadinage.

1.7.1.4. Wahbi :

Inscrite en 2011, Wahbi est une variété semi-précoce, de taille moyenne, à fort tallage, et en plein essor dans la région Est du pays notamment dans les wilayas de Constantine, Mila et Oum El Bouaghi (ITGC, 2019). Se caractérise par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 45 q/ha.

- Un poids de mille grains élevé.
- Une bonne adaptation, même dans la zone des hauts plateaux Ouest, et une haute tolérance à la verse. (Tab.04)
- Une très bonne valeur semoulière.
- Moyennement sensible au mitadinage.

1.7.1.5. Mansourah :

Inscrite en 2012, Mansourah est une variété intermédiaire, de hauteur moyenne, de fort tallage et une bonne fertilité de l'épi. Elle est en plein essor également aux hauts plateaux et les plaines intérieures Est notamment dans la wilaya de Medea (**ITGC, 2019**). Cette variété est connue par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 46 q/ha.
- Un PMG élevé.
- Son rendement en grain et en paille élevé.
- Une adaptation précoce au gel et à la sécheresse terminale.
- Une bonne qualité semoulière avec un rendement moyen.
- Une Résistance à la moucheture et au mitadinage.

1.7.1.6. Ain Lehma :

Inscrite en 2016, Ain Lehma est une variété semi-précoce à hauteur moyenne et à fort tallage, Elle est performante et en plein essor dans les plaines intérieures et hauts plateaux Est, notamment dans la wilaya de Constantine (**ITGC, 2019**). Ces caractéristiques sont :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 45 q/ha.
- Un PMG élevé.
- Une forte tolérance à la verse, et une résistance à la moucheture et au mitadinage. (Tab.04)
- Une bonne adaptation à plusieurs étages bioclimatiques.
- Une bonne productivité et une bonne valeur semoulière.
- Une bonne qualité technologique.

1.7.1.7. Boutaleb :

Inscrite en 2016, Boutaleb est une variété à cycle végétatif intermédiaire, à fort tallage et à port demi-dressé, et en plein essor aux hauts plateaux et les plaines intérieures Est

(ITGC, 2019). Elle se caractérise par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 50 q/ha.
- Un PMG élevé.
- Un rendement en grain en paille élevé.
- Une bonne adaptation à la sécheresse et à la verse, une bonne tolérance au froid et à la sécheresse. (Tab.04)
- Une bonne qualité et rendement de semoule.
- Résistance à la moucheture et au mitadinage.

1.7.1.8. Oued El Bared :

Inscrite en 2016, Oued El Bared est une variété intermédiaire à précoce a fort tallage et de hauteur moyenne, et en plein essor aux hauts plateaux et les plaines intérieures Est, notamment dans la wilaya de Sétif et aussi dans les régions Sud du pays (ITGC, 2019).

Cette variété possède les spécifications suivantes :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 53q /ha.
- Un rendement en grain élevé en pluvial et en irrigué.
- Un PMG élevé.
- Un bon rendement en paille, une très bonne valeur, un rendement et une qualité semoulière.
- Elle présente un taux de gluten élevé.
- Une bonne tolérance au froid et à la sécheresse. (Tab.04)
- Une bonne productivité même dans la zone Sud du pays.
- Une résistance à la moucheture et au mitadinage, et un indice de jaune acceptable.

1.7.1.9. Targui :

Inscrite en 2011, Targui est une variété précoce à port dressé, en plus de la région Centre (le littoral et sublittoral centre), elle est en plein essor aussi dans la wilaya de Guelma, Sidi Bel Abbes et les régions Sud du pays (ITGC, 2019). Elle se caractérise par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 40 q/ha.
- Un PMG élevé.
- Sa grande adaptation même dans la zone Sud du pays.
- Sa forte tolérance à l'égrenage. (Tab.04)
- Sa bonne valeur semoulière.

- Résistance à la moucheture et au mitadinage, et un indice de jaune acceptable.

1.7.1.10. Massinissa :

Inscrite en 2012, Massinissa est une variété précoce, de hauteur moyenne à port dressé et à épi long surtout en conditions favorables, et en plein essor aux hauts plateaux et les plaines intérieures (**ITGC, 2019**). Elle se caractérise aussi par :

- Un rendement en grain optimal en pluvial : 51q/ha.
- Un PMG élevé.
- Des rendements en grain et en paille élevée.
- Une bonne qualité semoulière.
- Une résistance au mitadinage, et un indice de jaune faible.

1.7.1.11. Saoura :

Inscrite en 2012, Saoura est une variété tardive de hauteur moyenne et épi longue

Elle présente une forte capacité de tallage et une bonne fertilité de l'épi, et en plein essor dans les régions des hauts plateaux et les plaines intérieures Est, notamment dans les wilayas de Médéa et Saida (**ITGC, 2019**). La Saoura est connue par :

- Un PMG élevé.
- Un rendement élevé.
- Une forte adaptation aux températures élevées.
- Une bonne valeur et un rendement semoulière moyenne.
- Elle présente un taux de gluten faible, et un indice de jaune faible.
- Une résistance à la moucheture et sensible au mitadinage.

Tableau 04 : Le Comportement des différentes variétés de blé dur à l'égard des stress (ITGC, 2019).

Variété	Zone d'adaptation	Stress Abiotique				Stress Biotique					
		Froid	Sécheresse	Verse	Égrenage	Oïdium	Rouille brune	Rouille jaune	Rouille noir	Septoriose	Fusariose
Benchicao	L et SB	/	T	T	HT	T	MT	T	/	MT	T
Megress	HP et PI Est	HT	HT	HT	HT	T	T	T	/	T	T
Stifis	HP et PI Est	HT	HT	HT	HT	T	T	T	/	T	T
Targui	L et SB centre	/	T	T	HT	T	MT	T	/	MT	MT
Wahbi	HP et PI Est	T	T	HT	HT	MS	S	T	T	MS	MS
Mansourah	HP et PI Est	HT	HT	HT	HT	T	T	T	/	T	T
Massinissa	HP et PI Est	HT	HT	HT	HT	T	T	T	/	T	T
Saoura	HP et PI Est	HT	HT	HT	HT	T	T	T	/	T	T
Ain lehma	PI et HP Est	T	T	HT	HT	S	HT	HT	HT	HT	S
Boutaleb	HP et PI Est	T	T	HT	HT	T	T	T	/	T	T
Oued El Bared	HP et PI Est	T	T	HT	HT	T	T	T	/	T	T

Légende :

- HT : Hautement tolérante
- T : Tolérante
- MT : Moyennement tolérante
- MS : Moyennement sensible
- S : Sensible
- HP : Hautes Plateaux
- PI : Plaines Intérieures
- L : Littoral
- SL : Sublittoral
- [/] : Non observée.

Chapitre 02

L'influence du climat

Sur le blé

2.1. Description de la région d'étude

2.1.1. Situation Géographique :

Le présent travail a été effectué sur des échantillons du blé dur collectés de différentes régions de la wilaya de Guelma qui est située au nord-est de l'Algérie à 60 kilomètres au sud de la Méditerranée et à 279 mètres par rapport au niveau de la mer (**URBACO, 2012**).

Du point de vue géographique, la wilaya de Guelma se caractérise par un relief diversifié dont on retient essentiellement une importante couverture forestière et le passage de la Seybouse qui constitue le principal cours d'eau (**DCWG, 2021**). Ce relief se décompose comme suit :

- Montagnes : 37,82 % dont les principales sont :
 - Mahouna (Ben Djerrah) : 1.411m d'altitude
 - Houara (Ain Ben Beidha) : 1.292m d'altitude
 - Taya (Bouhamdane) : 1.208m d'altitude
 - D'bagh (Hammam Debagh) : 1.060m d'altitude
- Plaines et Plateaux : 27,22 %
- Collines et Piémonts : 26,29 % Autres : 8,67 % (**DCWG, 2021**).

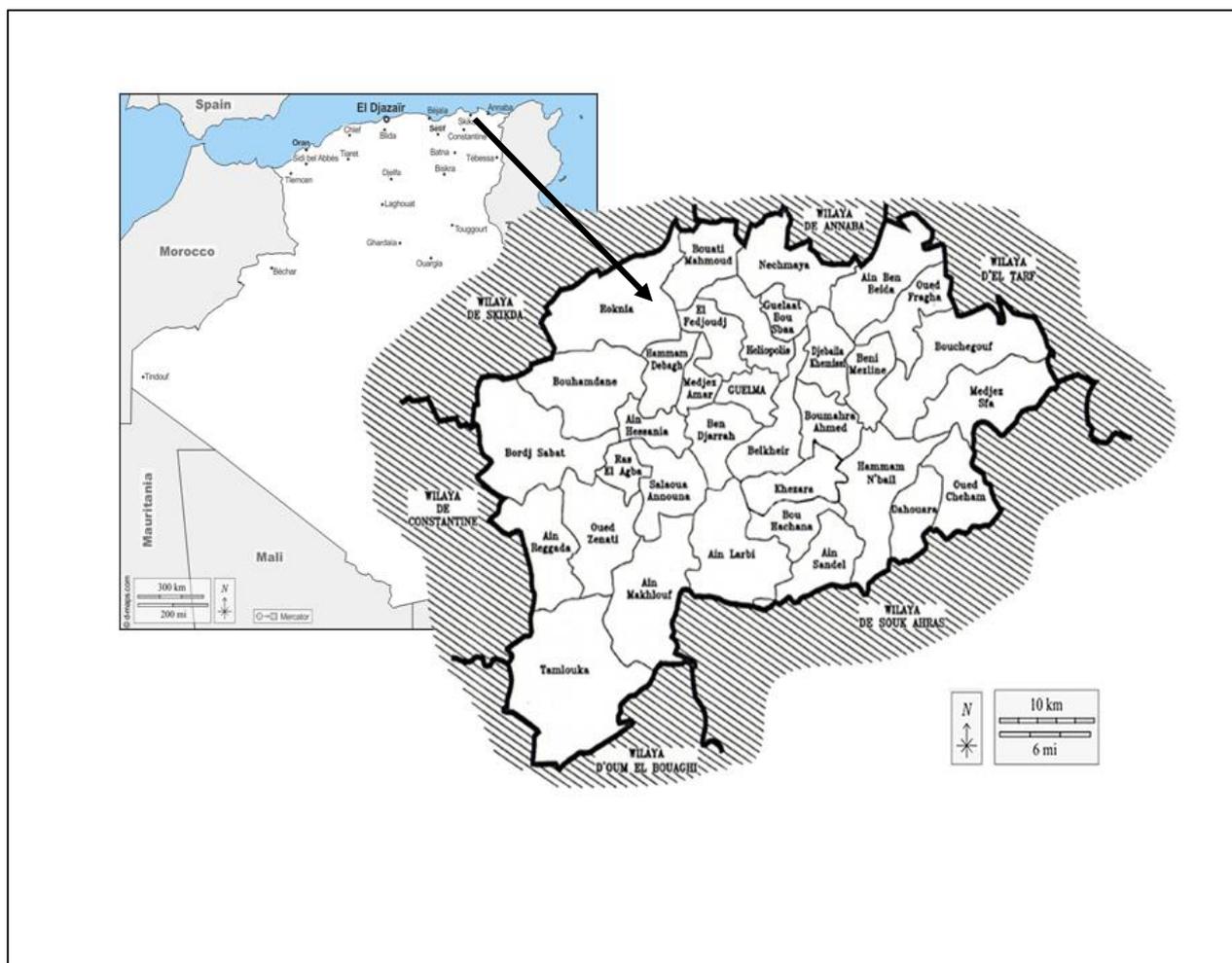


Figure 07 : Figure représentant la carte de la wilaya de Guelma. [4]

2.1.2. Climat de la région d'étude :

La wilaya de Guelma (Fig.08) se caractérise par un climat méditerranéen, sub-humide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été (DCWG, 2021). La température varie de 4° C en hiver à plus de 35° C en été avec une moyenne de 17,3° C (DCWG, 2021).

Quant à la pluviométrie, Elle repartie comme suit :

- 654 mm / an à la station de Guelma
- 627 mm / an à la station de Aïn-Larbi
- 526 mm / an à la station de Medjez-Ammar

Cette pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu'à près de 1000 mm/an au nord.

Près de 57 % de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide s'étalant du mois d'octobre jusqu'au mois de mai (DCWG, 2021).

2.2. Facteurs climatiques influençant la qualité technologique du blé :

2.2.1. La température :

Pour une bonne germination, le blé dur, généralement, a besoin d'une minimum température de 3 à 5 °C, alors que sa température optimale de développement se situe entre 16 et 25 °C. Au-delà de 32 °C, les dommages sont irréversibles et pouvant aller jusqu'à la destruction de la plante (Haddad, 2010 ; Wardlaw et Moncur, 1995 ; Belhassen *et al.*, 1995).

- Aux hauts plateaux, les basses températures qui coïncident avec le stade floraison (gelées printanières) provoquent la coulure des fleurs et affectent le rendement de la culture.
- Les hautes températures sèches (vents chauds), coïncidant avec le stade de remplissage des grains, provoquent l'échaudage, affectant ainsi le rendement et la qualité du grain (Haddad, 2010).

2.2.2. L'eau :

Les besoins en eau du blé dur sont plus importants entre les stades de développement montaison et remplissage des grains. Le blé dur se développe dans les zones à pluviométrie comprise entre 400 et 600mm pour une croissance sans stress hydrique. Une bonne répartition de cette pluviométrie tout au long du cycle, serait de 350 mm du semis au stade gonflement et 150 mm de ce dernier à la maturité physiologique (Anonyme, 2006).

- Le déficit hydrique, lorsqu'il est combiné aux fortes températures, provoque une diminution du poids moyen du grain, suite à l'altération de la vitesse et de la durée de remplissage (Benbelkacem et Kellou, 2001).

2.2.3. Le stress hydrique :

Dans la région méditerranéenne, l'une des principales contraintes de la production du blé dur est le stress hydrique, où il a été toujours assimilé à la sécheresse (Simane *et al.*, 1993).

La pénurie hydrique qui caractérise la sécheresse suspend le développement de la culture (Morizet, 1984).

Selon Chenaffi et *al.*, (2006), le déficit hydrique de nature intermittente est une des principales causes des pertes de rendement du blé dur, pouvant aller jusqu'au sinistre total. Il affecte toutes les composantes du rendement, et en particulier le nombre de grains par épi et le poids moyen du grain. Alors que le déficit hydrique précoce, au cours de la montaison (Fig.09), réduit le nombre d'épis et le nombre de grains par épi (Debaeke et *al.*, 1996). Le stress hydrique est responsable de la dégradation de la chlorophylle, et induit la fermeture des stomates, réduisant l'entrée du CO₂. La réduction de la photosynthèse est liée à la réduction de l'activité photochimique du photosystème II (PSII) (Ykhlef, 2002).

2.2.4. La lumière :

La lumière est une nécessité pendant la journée (photopériodisme) pour la réalisation du stade B précédant la montaison.

- L'intensité lumineuse et l'aération agissent directement sur l'intensité de la photosynthèse dont dépendent à la fois la résistance des tiges à la verse et le rendement (Soltner, 2005b).

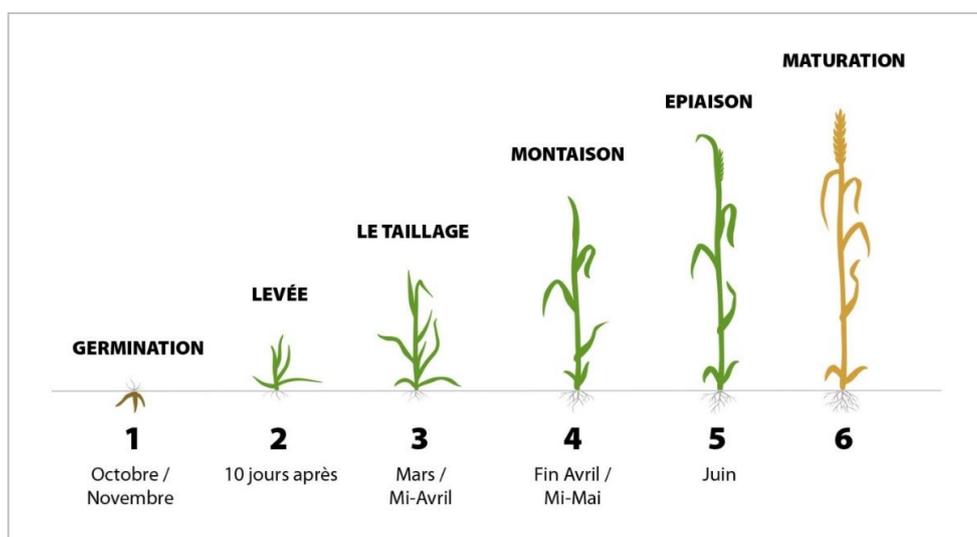


Figure 08 : Le cycle végétatif du blé. [5]

Chapitre 03 :

Matériel et méthodes

3. Matériel et méthodes

3.1. Présentation du lieu de stage au niveau des moulins Amor Benamor :

L'analyse des différents paramètres technologiques des échantillons du blé dur étudiés a été effectuée au niveau du laboratoire de contrôle de la qualité de la S.A.R.L. des Moulins Amor Benamor (M.A.B) spécialisées dans la production des pâtes alimentaires de base dérivées du blé dur. Le complexe agro – alimentaire est implanté dans la zone industrielle d'El Fedjoudj, située à deux kilomètres au Nord – Ouest de la wilaya de Guelma (Algérie).



Figure 09: S.A.R.L Amor Benamor (M.A.B) [6]

3.2. Matériel végétal

Dans la présente étude, le matériel végétal évalué est constitué d'une collection de 27 variétés du blé dur (*Triticum durum*) issue de la récolte de la campagne agricole 2018/2019 ainsi que celle de 2019/2020 exclusivement de la région de Guelma. Le nom, l'origine, le lieu de culture des variétés sont mentionnées dans le tableau N°5.

Tableau 05 : Caractéristiques des variétés de blé dur étudiées.

Code	Variété	Origine	Lieu	Année
V1	Vitron	Espagne	Ras El Akba	2019/2020
V2	Gta dur	Algérie (Guelma)	Djbel Ansel	2019/2020
V3	Vitron	Espagne	Ain El Tar (Boumahra Ahmed)	2019/2020
V4	Waha	Algérie	Djebas (Tamlouka)	2018/2019
V5	Gta Dur	Algérie	Djebas (Tamlouka)	2019/2020
V6	Gta dur	Algérie	Oued Zénati	2019/2020
V7	Sara Ghula	Hollande	Bordj Sabat	2019/2020
V8	Vitron	Espagne	Djebas (Tamlouka)	2018/2019
V9	Gta dur	Algérie	Ain Awicha (Bordj Sabat)	2019/2020
V10	Gta dur	Algérie	Bouhachana	2019/2020
V11	Siméto	Italie	Kifen El Assel	2019/2020
V12	Vitron	Espagne	Zhana (Ain Rgada)	2019/2020
V13	Rougé	Algérie (Guelma)	Mawna (Ain El Arbi)	2019/2020
V14	Vitron	Espagne	Bouhegouf	2019/2020
V15	Gta dur	Algérie	Ain Regada	2019/2020
V16	Gta dur	Algérie	Héliopolis	2019/2020
V17	Vitron	Espagne	Boumahra Ahmed	2019/2020
V18	L'Hedba	Algérie	Ain El Arbi	2019/2020
V19	Vitron	Espagne	Roknia	2019/2020
V20	Gta dur	Algérie	Dahouara	2019/2020
V21	Vitron	Espagne	Belkhir	2019/2020
V22	Vitron	Espagne	Héliopolis	2019/2020
V23	Vitron	Espagne	Boumahra Ahmed	2019/2020
V24	Thor	Algérie	Selaoua Anouna	2019/2020
V25	Gta dur	Algérie	Ras El Akba	2019/2020

Code	Variété	Origine	Lieu	Année
V26	Vitron	Espagne	Khezzara	2019/2020
V27	Chilli	Algérie	Ras El Akba	2019/2020

3.3. Les paramètres technologiques étudiés

Pour avoir une semoule ou des pâtes de qualité, il est nécessaire et même indispensable d'effectuer des analyses pour avoir une idée sur les qualités technologiques du blé dur.

3.3.1. Les analyses physiques

3.3.1.1. L'agrégage

La fonction de l'agrégage consiste à définir les caractéristiques des grains du blé renseignant sur la qualité technologique, c'est-à-dire leurs aptitudes à satisfaire les industries de première et de seconde transformation. Il nécessite l'intervention d'agréateurs qualifiés ayant de grande référence de moralité, de conscience et de compétences professionnelles d'une part et de moyens matériels d'autre part. L'appréciation de la valeur commerciale et marchande d'un lot de céréales se base généralement sur l'analyse d'un échantillon prélevé sur le lot considéré. Elle comporte essentiellement :

- Le prélèvement d'un échantillon moyen lequel doit représenter aussi fidèlement que possible la qualité du lot à agréer. L'échantillon destiné au laboratoire doit être représentatif que possible (1kg approximativement).
- L'analyse correcte et impartiale de l'échantillon prélevé (**Codex Alimentarius, 1995 cité in Aissaoui et al, 2011**).

3.3.1.1.1. Principe :

Le principe de la méthode consiste à séparer les impuretés d'un échantillon de céréales ou de protéagineuses par tamisage et / ou triage puis les classer en catégories.

3.3.1.1.2. Matériel :

- Tamis de contrôle comprenant les tamis de trous longs arrondis de 20,0 mm de longueur et de 3,55 mm, 2,00 mm et 1.90 mm de largeur, réceptacle et un couvercle.
- Diviseur d'échantillons, type échantillonneur conique ou à fentes multiples.
- Pince, pinceau, scalpel.

- Coupelles.
- Balance de précision (0,01 gramme près).

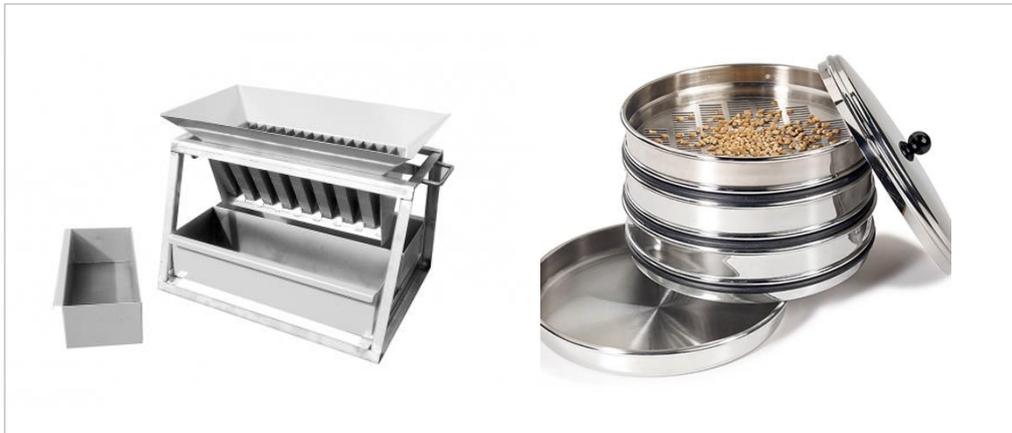


Figure 10 : Un diviseur d'échantillons et Tamis de contrôle. [7]

3.3.1.1.3. Mode opératoire :

- L'échantillon destiné au laboratoire est homogénéisé et divisé au moyen d'un diviseur jusqu'à l'obtention d'une prise d'essai ayant un poids d'environ 100 grammes.
- Le placer sur la colonne de tamis : 3,5 mm, 1,9 mm et 1,0 mm.
- Le tamisage a lieu manuellement ou à l'aide d'un tamiseur mécanique type Steinecker pendant 30 secondes avec un mouvement de va-et-vient dans un plan horizontal dans le sens des fentes.
- L'ensemble des éléments passant à travers le tamis de 1,0 mm et ceux retenus par le tamis de 3,5 mm, excepté les autres céréales et les grains particulièrement gros de la céréale considérée, doivent être pesés ensemble et considérés comme Impuretés Proprement Dites « IPD ».
- La recherche des prédateurs vivants et morts se fait sur la fraction extraite par le tamis à fentes de 1,0 mm.
- La fraction retenue par le tamis à fentes de 1,0 mm est divisée pour obtenir un échantillon de 50 pour 100 grammes, pesé à 0,1 gramme près.
- Cet échantillon partiel est ensuite étalé sur un papier de couleur claire, puis sont extraits et classés à l'aide d'une pince : les grains attaqués par les prédateurs, les grains présentant des colorations du germe, les graines étrangères, les grains cassés, la présence des insectes, les grains échaudés, les grains mouchetés, les grains dégermés, l'orge, impuretés et enfin la présence du blé tendre.

- L'échantillon partiel débarrassé de l'ensemble des impuretés est tamisé pendant 30 secondes sur une colonne constituée d'un réceptacle, d'un couvercle et d'un tamis à fentes de 1,9 mm pour le blé dur.
- Les éléments qui passent à travers le tamis sont considérés comme grains échaudés.

D'une façon générale, les grains sont dévêtus avant tamisage et les balles classées dans leur catégorie (impuretés diverses) ; les éléments coincés dans les fentes du tamis sont considérés comme appartenant au refus de celui-ci (**I.T.C.F, 2001**).

3.3.1.2. Mesure de la masse volumique ou le poids spécifique (PS)

La masse volumique dite masse à l'hectolitre, communément appelée poids spécifique (P.S.) est une mesure ancienne qui date de l'époque où l'on mesurait la quantité de grains au volume. (**I.T.C.F, 2001**).

3.3.1.2.1. Principe :

Dans la pratique, la masse à l'hectolitre est la masse d'un hectolitre de grains mesurée en kilogramme. Elle est calculée à partir de la masse de 50 litres (trémie conique) ou d'un litre (Niléma-litre) pour les blés durs, sur un échantillon débarrassé manuellement des grosses impuretés (**I.T.C.F, 2001**).

3.3.1.2.2. Matériel :

- Balance à grains Niléma-litre.
- Une trémie cylindrique.
- Un cylindre de remplissage servant à contenir un
- Volume déterminé de grains destiné à l'essai.
- Un couteau avaleur pouvant coulisser dans une glissière située à la partie supérieure du cylindre mesuré.
- Balance précise de 0,01 gramme.



Figure 11 : Niléma-litre. (Photo prise par Filali, 2021).

3.3.1.2.3. Mode opératoire :

- Mesure du récipient vide.
- Remplir la trémie par l'échantillon qui doit être bien homogénéisé.
- Ouvrir l'obturateur pour laisser couler les grains.
- Après l'arrêt de l'écoulement, il faut araser le récipient par le couteau prévu à cet effet.
- Enlever la trémie avec son manchon contenant l'excès de grains au-dessus du couteau.
- Mesurer une autre fois le récipient rempli et déduire le poids spécifique (Kg/hl).
(Mofakkir, 2016).

3.3.1.2.4. Expressions des résultats :

La masse à l'hectolitre s'exprime en kilogramme par hectolitre sur matière telle quelle. Le résultat s'exprime avec deux décimales, selon les indications données par la norme. La différence entre deux déterminations successives ne doit pas excéder 2 kg/hl.

$$PS = m_2 - m_1$$

PS : Poids spécifique.

m₁ : masse récipient vide.

m₂ : masse récipient rempli.

3.3.1.3. Le poids de mille grains

C'est la masse de 1000 grains entiers exprimée en gramme (M.S.D.A., 2004) (dépourvue de grains cassés et d'impuretés). Cette mesure est surtout effectuée lors de la

sélection du blé dur. Ce critère est essentiellement variétal qui dépend beaucoup des conditions de cultures qui l'influencent de façon très significative. Le poids de mille grains permet de déterminer le poids moyen des grains en pesant mille graines (**El hadef el okki, 2015**).

3.3.1.3.1. Principe :

Le principe de la méthode repose sur le pesage d'une quantité de l'échantillon, séparation et pesée des grains entiers. Comptage des grains entiers et par règle de trois, obtention de la masse de 1000 grains.

3.3.1.3.2. Matériel :

- Balance précise de 0,01 gramme.
- Pince.

3.3.1.3.3. Mode opératoire :

- Prélever au hasard une quantité égale à 30 g de l'échantillon après élimination des impuretés et de grains cassés.
- Compter les grains entiers ensuite à l'aide du compteur de grains ou manuellement
- Par l'application de la règle de trois, déduire la masse de 1000 grains.

3.3.1.3.4. Expressions des résultats :

La masse *mh* en gammes, de 1000 grains tels quels est donnée par la formule suivante :

$$mh = m_0 \times 1000 / N$$

m₀ : est la masse, en grammes, des grains entiers de la quantité prélevée (30 g).

N : est le nombre de grains entiers trouvés dans la masse *m₀*.

3.3.1.4. Taux de mitadinage

Le taux de mitadinage est le pourcentage en nombre de grains de blé dur non entièrement vitreux (**El hadef el okki, 2015**), en totalité ou en partie, une apparence opaque et farineuse qui le fait plus ou moins ressembler à un grain de blé tendre, il est dit alors « mitadiné » (**Bellagoun et Medini, 2015**). Un grain mitadiné lors de la mouture, va se désagréger en farine et non à éclater en semoule, provoquant une diminution du rendement semoulier (**El hadef el okki, 2015**). Les grains mitadinés (grains amylicés, ou amidonnés) constituent un des principaux facteurs de classement commercial du blé dur. Ces grains se

forment lorsque la plante souffre d'une carence en nitrates pendant le développement du grain (Bellagoun et Medini, 2015).

3.3.1.4.1. Principe :

Après élimination des impuretés par tamisage et triage à la main, les grains sont coupés au Farinotome de Pohl.

3.3.1.4.2. Matériel :

- Farinotome de Pohl avec un jeu de douze plaques chaque plaque contient cinquante alvéoles.
- Balance précise de 0,01gramme.
- Pince.
- Bac ou cuvette.



Figure 12 : Farinotome de Pohl. [8]

3.3.1.4.3. Mode opératoire :

- La recherche s'effectue sur un échantillon de 100 grammes environ, après avoir procédé à la séparation des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable.
- Epandre l'échantillon dans un bac et bien homogénéiser.
- 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 de farinotome.

- Retirer la plaque de farinotome et compter le nombre de grains mitadinés, même partiellement.
- Une plaque de farinotome permet de couper 50 grains. Une bonne détermination du taux de mitadinage se fait sur un minimum de 600 grains, c'est-à-dire 12 plaques de farinotome.
- Calculer ensuite le pourcentage de grains mitadinés qui est le rapport entre le nombre de grains mitadinés comptabilisés et les 600 grains coupés (**Bellagoun et Medini, 2015**).

3.3.1.4.4. Expression des résultats :

Le degré de mitadinage (0.25, 0.50, 0.75, 1) est attribué à chaque grain et le calcul la somme des degrés est exprimée en pourcentage par rapport à 100 (**AFNOR, 1982**).

$$\text{Taux de mitadinage} = M \times (100 - L) / 100$$

M : le pourcentage de grains mitadinés même partiels des grains propres examinés.

L : masse des éléments qui ne sont pas des céréales de base de qualité irréprochable en gramme.

3.3.2. Les analyses chimiques

3.3.2.1. Taux de cendres :

C'est la quantité de matières minérales, principalement contenus dans le son. Les cendres totales sont obtenues par différence de pesée de l'échantillon avant et après incinération dans un four à moufle de la marque NABERTHERM.

3.3.2.1.1. Principe :

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C (céréales et produits de mouture) ou 550°C (issues, germes, légumineuses et produits dérivés), jusqu'à combustion complète de la matière organique. La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu.

3.3.2.1.2. Matériel :

- Four électrique à moufle.
- Balance précise de 0,01 gramme.
- coupelle en quartz.
- Broyeur.
- Dessiccateur à robine.

- Pince en acier inoxydable.
- Réactifs : éthanol.



Figure 13 : Une balance précise de 0,01 gramme et Four électrique à moufle. (Photo prise par Filali, 2021).

3.3.2.1.3. Mode opératoire :

- Pré-nettoyage des coupelles (nacelles) par une solution de NaCl et puis à l'eau distillée bouillée.
- Séchage des coupelles au four pendant 15 min à 500°C.
- Refroidissement des nacelles et les mettre dans le dessiccateur pendant 45 min.
- Pesage des nacelles vides (poids initial).
- Tarage de la balance et ajout 3 g pour la mouture intégrale du produit puis les peser.
- Déplacement les coupelles vers le dessiccateur puis ajout de 1 à 2 gouttes d'éthanol pour accélérer l'incinération.
- Placer des coupelles dans le four à moufle préalablement chauffé : pendant 2h à 900°C ou 4h à 550°C.
- Après l'incinération complète retirer les coupelles progressivement du four et les mettre à refroidir dans le dessiccateur pendant 45min.
- Pesage des coupelles (poids final).

Prise d'essai

- À partir de l'échantillon pour essai préparé soigneusement homogénéisé.
- Peser rapidement à 0,1 mg près une prise d'essai 3g dans le cas d'une incinération à 900 °C.

- Dans la capsule à incinération préparée et tarée, répartir le produit, sans le tasser, en une couche uniforme.

Pré-incinération

- Placer la capsule et son contenu à l'entrée du four porté à la température d'incinération.
- A 900 °C, Il est nécessaire d'ajouter de l'Ethanol pour accélérer l'incinération des produits.

Incinération

- Attendre que le produit ait fini de brûler puis introduire la capsule à l'intérieur du four.
- Fermer la porte du four. Poursuivre l'incinération jusqu'à combustion complète du produit, y compris des particules charbonneuses contenues dans le résidu, soit 2 h après la remontée du four à 900 °C, et 4 h minimum à 550 °C.
- Une fois l'incinération terminée, retirer la capsule du four, et la mettre à refroidir dans le dessiccateur. Pour maintenir l'efficacité du dessiccateur, ne pas superposer les capsules.
- Dès que la capsule a atteint la température ambiante (60 min à 90 min minimum pour les capsules en quartz ou en silice), peser à 0,1 mg près et rapidement en raison du caractère hygroscopique des cendres.

3.3.2.1.4. Expression des résultats :

$$\text{Taux de cendre} = m_2 - m_1 \times \frac{100}{m_0} \frac{100}{H-100}$$

m_0 : la masse en gramme de la prise d'essai.

m_1 : la masse en gramme de la coupelle.

m_2 : la masse de la coupelle + le résidu.

H : la teneur en humidité.

3.3.2.2. Teneur en gluten :

C'est un test qui permet de mesurer la quantité de gluten dans le blé dur.

3.3.2.2.1. Principe :

Le gluten est une substance plastique, élastique, extensible et composée de protéines telles que les gliadines et les glutenines. Le gluten est obtenu par lixiviation d'une pâte et l'élimination des substances solubles dans l'eau salée (amidon, protéines soluble).

Ensuite le gluten est centrifugé sur une filière pour la détermination du gluten index. Ce dernier est séché par la suite pour obtenir le gluten sec (ICC /n° 137/1 ; ISO21415-2).

3.3.2.2.2. Matériel :

- Glutomatic 2200.
- Centrifugeuse Gluten Index.
- Glutork 2020.



Figure 14: Glutomatic 2200, Glutork 2020, Centrifugeuse gluten index. [9]

3.3.2.2.3. Mode opératoire :**Le gluten humide**

Le gluten humide extrait des farines de blé est une substance viscoélastique formée principalement par la fraction insoluble des protéines (gliadines et gluténines). Il a des propriétés d'extensibilité, d'élasticité et de ténacité, qui peuvent influencer sur le comportement des pâtes en cours de fabrication et sur la qualité du produit fini (pain, biscuit, pâte,...) (**El hadef el okki, 2015**).

L'extraction du gluten à partir de la mouture intégrale de 10 grammes de blé dur pour chaque échantillon, ce dernier se fait par l'ajout de 4,8ml d'une solution saline à la mouture du blé et par un malaxage mécanique suivit d'une lixiviation automatique grâce à un système glutomatic (le mode opératoire détaillé avec appareillage), (**El hadef el okki, 2015**).

La masse plastique issue à la fin représente le gluten humide qui est pesée et calculée comme suit :

$$GH (\%) = m \times 10$$

GH : gluten humide (retenu) exprimé en pourcentage.

m : masse en gramme de gluten humide.

Le gluten index

La détermination du gluten index se fait par la centrifugation (à 6000 Tr/min) de la masse de gluten humide mise dans une cassette à tamis spécialement conçue. La partie de gluten restant sur la filière (gluten résiduel) est ensuite retirée et peser avec la partie ayant traversé la filière de façon à connaître le poids total de gluten. Ainsi l'Indice de Gluten ou le Gluten Index est la quantité de gluten résiduel par rapport au poids total du gluten humide en pourcent (**El hadef el okki, 2015**).

$$GI (\%) = \frac{Gr}{GH} \times 100$$

GI: gluten index.

Gr : gluten résiduel en grammes(g).

GH : gluten humide en gramme.

Le gluten sec

La détermination du gluten sec se fait par séchage de la totalité du gluten humide pendant 4min dans une plaque chauffante Glutork à 150°C. Après séchage on pèse le gluten. Le gluten sec est calculé comme suit et donné en pourcentage (**El hadef el okki, 2015**).

$$GS (\%) = m \times 10$$

GS: gluten sec.

m : la masse en gramme du gluten sec.

3.3.2.3. Teneur en humidité

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 des grains.

3.3.2.3.1. Principe :

La teneur en eau des grains a été déterminée par l'Infraneo, la spectrométrie proche infrarouge conçue pour analyser la composition d'échantillons à partir des caractéristiques des spectres en proche infrarouge.

3.3.2.3.2. Matériel :

- Infraneo.



Figure 15 : Infraneo. (Photo prise par Ghorab, 2021)

3.3.2.3.3. Mode opératoire :

- 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 ; Infraneo est prêt pour une nouvelle analyse (Bellagoun et Medini, 2015).

3.3.2.3.4. 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).

3.3.2.4. Teneur en protéines

La teneur en protéines de blé dur est un critère très important qui a une influence sur la qualité du blé dur compte tenu de ses relations étroites avec le taux de grains mitadinés et avec la qualité culinaire des produits de transformation. La teneur minimale pour la mise à l'intervention est de 11.5%. En règle générale, plus la teneur en protéines est élevée, meilleure

est la qualité du blé dur. Un seuil de 14% est le plus souvent nécessaire à l'obtention d'un taux de vitrosité satisfaisant (El hadef el okki, 2015).

3.3.2.4.1. Principe :

La détermination de la teneur en protéines totales est faite à l'aide d'un appareil (Infraneo), 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 (Amira et Fadel, 2013).

3.3.2.4.2. Matériel :

- Infraneo.

3.3.2.4.3. Mode opératoire :

- Placer un échantillon homogénéisé dans la cellule de mesure.
- Comprimer l'échantillon dans le compartiment, en utilisant le dispositif de tassement Pour lancer l'analyse appuyée 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'Infraneo est prêt pour une nouvelle analyse (I.T.C.F., 2001).

3.3.2.4.4. 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).

3.3.2.5. Teneur en amidon

L'analyse de la teneur en amidon présente un intérêt nutritionnel vu que l'amidon est une source de glucides importante dans l'alimentation et un intérêt réglementaire dans le but de contrôler la pureté des amidons industriels (ITCF & ONIC, 1995).

3.3.2.5.1. Principe :

La teneur en amidon des grains a été déterminée par l'Infraneo (appareil utilisant le proche infrarouge). L'utilisation de 500 grammes de grains nettoyés pour chaque échantillon est nécessaire (El hadef el okki, 2015).

3.3.2.5.2. Matériel :

- Infraneo.

3.3.2.5.3. Mode opératoire :

La détermination de la teneur en amidon se réalise suivant les étapes :

- 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 ; Infraneo est prêt pour une nouvelle analyse (**Bellagoun et Medini, 2015**).

3.3.2.5.4. Expression des résultats :

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

Chapitre 4

Résultats et discussions

Notre travail concerne l'étude des paramètres technologiques d'une collection du blé dur *Triticum durum* récoltée durant la saison agricole 2018 – 2019 et 2019 – 2020 à travers différentes stations de la wilaya de Guelma.

De ce fait, nous avons réalisé une étude physique comprenant l'agréage, le poids spécifique, le poids de mille grains et le taux de mitadinage alors que l'étude chimique a concerné le taux d'humidité, le taux de cendres, la teneur en protéines et celle en gluten, et enfin la teneur en amidon.

D'autre part, nous avons essayé d'entreprendre une étude comparative de l'influence spatiale sur les paramètres technologiques étudiés et de tenter de proposer quelle (s) est (sont) la (les) variété (s) la (les) mieux adapté pour chaque région.

Pour des raisons de facilitation de lecture, nous mentionnerons une deuxième fois le tableau ci-dessous regroupant le code des variétés avec leurs correspondances des régions concernés par l'étude.

4.1 L'analyse physique

4.1.1 L'agréage

L'agréage est la première et la plus importante étape des analyses physiques, par lequel nous pouvons dévoiler les différentes caractéristiques technologiques des grains du blé. Les résultats obtenus résumés dans le tableau N° 06 montrent que :

- Les grains étrangers sont présents presque dans la moitié de la collection, dont la valeur minimale est enregistrée avec la **V07** (0.01g) et la valeur maximale est affichée avec la **V23** (1.49g). Alors que les autres variétés affichent des valeurs qui oscillent entre 0.04 g et 1.47g.
- Les impuretés sont présentes dans toutes les variétés, avec des valeurs qui varient entre 0.06g (minimale pour la **V02**) et 2.91g (maximale pour la **V26**) respectivement.
- Les grains colorés de germe sont malheureusement aussi présents dans toutes les variétés avec des différences dans les valeurs ; néanmoins la valeur maximale est notée chez la **V16** (7.28 g) et la **V20** (10.35g) respectivement.
- Les grains cassés sont aussi présents dans la majorité des variétés, 7 variétés sur la totalité de la collection affichent des valeurs qui dépassent les 5 g (la valeur minimale = 0.51g et la valeur maximale = 9.14g).

- Les grains mouchetés sont présents dans la majorité des variétés. La plupart des échantillons exhibent des valeurs plus ou moins faibles sauf la **V17** (3.42 g) et la **V22** (5.37g) respectivement.
- Les grains attaqués sont aussi présents dans la plupart des variétés, dont la valeur minimale et maximale sont représentées par **V21** (0.04g) et **V24** (6.12g).
- Les grains échaudés sont présents dans la majorité de la collection étudiée mais affichent des valeurs globalement acceptables sauf le cas de la **V15** (5.81g). Il est à noter que les variétés **V07** et **V08** ne contiennent aucun grain échaudé.
- L'absence de l'orge est notée dans l'ensemble des variétés et seulement présents dans 7 variétés avec une valeur minimale de 0.11g (**V22**) et une maximale de 9.01g (**V19**) respectivement.
- Les insectes sont absents dans toutes les variétés, seule la **V25** en contient un insecte fréquemment rencontré dans les grains du blé, il s'agit du *Tribolium* mineure.
- Les grains dégermés sont aussi absents dans la plupart des variétés et sont présents seulement dans 3 variétés, avec la valeur minimale et maximale sont représentées par **V22** (0.29g) et **V17** (1.49g) respectivement.
- Les grains de blé tendre sont aussi absents dans la majorité des variétés, ils sont présents seulement dans 3 variétés : la **V19** (0.57g), la **V19** (0.57 g) et la **V20** (56.62g) respectivement.

D'après les résultats obtenus concernant le paramètre « agréage », nous constatons que la variété **V8** est la variété qui présente la meilleure valeur, vue qu'elle ne contient que quelques impuretés et des grains colorés et germés avec des quantités insignifiantes.

Cependant la variété la plus médiocre est **V19** étant donné que la présence de grains étrangers, les impuretés, les colorés de germes, les grains cassés, mouchetés, attaqués et échaudés ainsi que la présence de l'orge et de blé tendre avec des quantités remarquables.

Nous remarquons également que les variétés **V11**, **V12**, **V14**, **V21**, **V26** et **V27** contiennent : des grains étrangers, des impuretés, coloré de germes, les grains cassés, mouchetés, attaqués et échaudés avec des valeurs variables que signifie ces variétés présente un blé de moyenne qualité.

Nous pouvons aussi constater que la présence des grains de blé tendre avec une quantité plus ou moins importante dans la variété **V20**, ce qui va influencer négativement sur le taux de mitadinage.

Variété	Grains étrangers	Impuretés	Coloré de germes	Grains Cassés	Grains Mouchetés	Grains attaqués	Grains échaudés	Orge	Insectes	Grains dégermé	Blé tendre
V01	/	0.48	1.21	2.93	2.27	/	1.56	/	/	0.54	/
V02	/	2.91	0.22	5.66	0.30	0.22	1.77	/	/	/	/
V03	/	0.85	4.14	1.42	0.86	0.37	1.96	/	/	/	/
V04	/	0.07	0.37	0.71	/	0.06	0.47	/	/	/	/
V05	/	0.34	0.15	2.62	/	0.17	2.77	/	/	/	/
V06	0.17	0.78	0.67	5.31	/	0.14	3.97	/	/	/	/
V07	0.01	0.14	0.10	5.45	0.34	/	/	/	/	/	/
V08	/	0.18	1.07	/	/	/	/	/	/	/	/
V09	/	0.76	0.61	0.71	1.92	/	0.94	5.72	/	/	/
V10	/	0.10	0.37	5.24	0.97	0.63	1.33	/	/	/	/
V11	0.06	0.46	1.27	2.16	0.27	0.06	1.33	/	/	/	/
V12	0.36	0.74	1.06	2.09	0.11	0.37	2.35	/	/	/	/
V13	0.09	0.25	0.76	1.24	/	0.04	0.99	/	/	/	/
V14	0.04	0.14	1.51	1.03	0.65	0.45	2.96	/	/	/	/
V15	/	1.30	0.12	4.50	0.06	2.64	5.81	/	/	/	/
V16	/	0.07	7.28	7.57	3.03	/	1.18	/	/	/	/
V17	1.47	0.89	3.59	9.14	3.42	/	2.94	0.59	/	1.49	/
V18	/	0.03	2.38	1.29	0.17	0.34	0.17	0.36	/	/	1.57
V19	0.06	0.27	4.07	3.36	3.53	0.29	2.95	9.01	/	/	0.57
V20	/	0.55	10.35	0.51	0.88	/	0.10	0.94	/	/	56,6
V21	0.15	0.44	0.02	1.67	0.42	0.04	2.21	/	/	/	/
V22	/	0.04	2.01	3.66	5.37	/	0.81	0.11	/	0.29	/
V23	1.49	0.27	0.51	7.76	0.68	/	0.93	0.21	/	/	/
V24	/	0.18	2.52	/	1.89	6.12	1.02	/	/	/	/
V25	/	0.40	1.59	2.56	0.40	0.34	0.69	/	<i>Tribolium mineure</i>	/	/
V26	0.24	0.06	0.22	7.55	1.04	0.66	1.05	/	/	/	/
V27	0.08	0.97	1.59	0.67	0.17	0.61	2.29	/	/	/	/

Tableau 06 : Tableau représente l'agrégé du 27 variété du blé dur. [/] : Non observé

4.1.2 Poids spécifique

La figure N° 18 représente le poids spécifique des différents échantillons de blé dur étudiés. Les résultats obtenus montrent que les valeurs de ce paramètre oscillent en dents de scie entre la valeur minimale de 71,8 kg/hl (**V3**) et la valeur maximale représentée par la variété **V18** (86,4 Kg/hl).

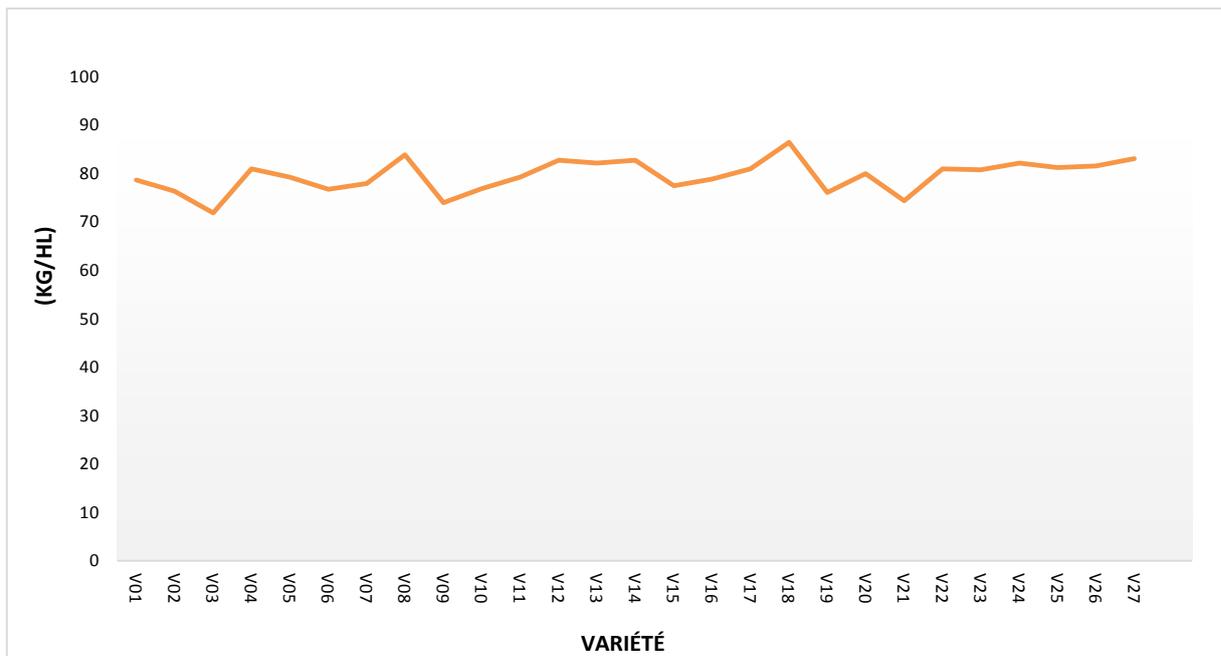


Figure 16 : Comparaison du poids spécifique des 27 variétés de blé dur étudiées.

4.1.3 Poids de mille grains

D'après la figure N°19 qui représente le poids de 1000 grains des échantillons du blé dur, nous pouvons faire ressortir trois valeurs de classes bien distinctes.

- ✓ La première classe qui affiche des valeurs de PMG très élevées (dépassant les 50 g) englobant les variétés **V24** (53,3 g), la **V8** (51,2 g) et la **V9** (51,1g).
- ✓ La deuxième classe qui se caractérise par un PMG plus ou moins élevé variant entre 40 et 50 g) regroupant plusieurs variétés telles que : la **V17** (49,2g), la **V5** (42g), la **V10** (44,4g) ...etc.
- ✓ La troisième classe représente par des valeurs où leur PMG est inférieure à 40 g regroupant plusieurs variétés telles que : la **V2** (39,2g), la **V13** (37,8g) et la **V21** (34,6g) ...etc.

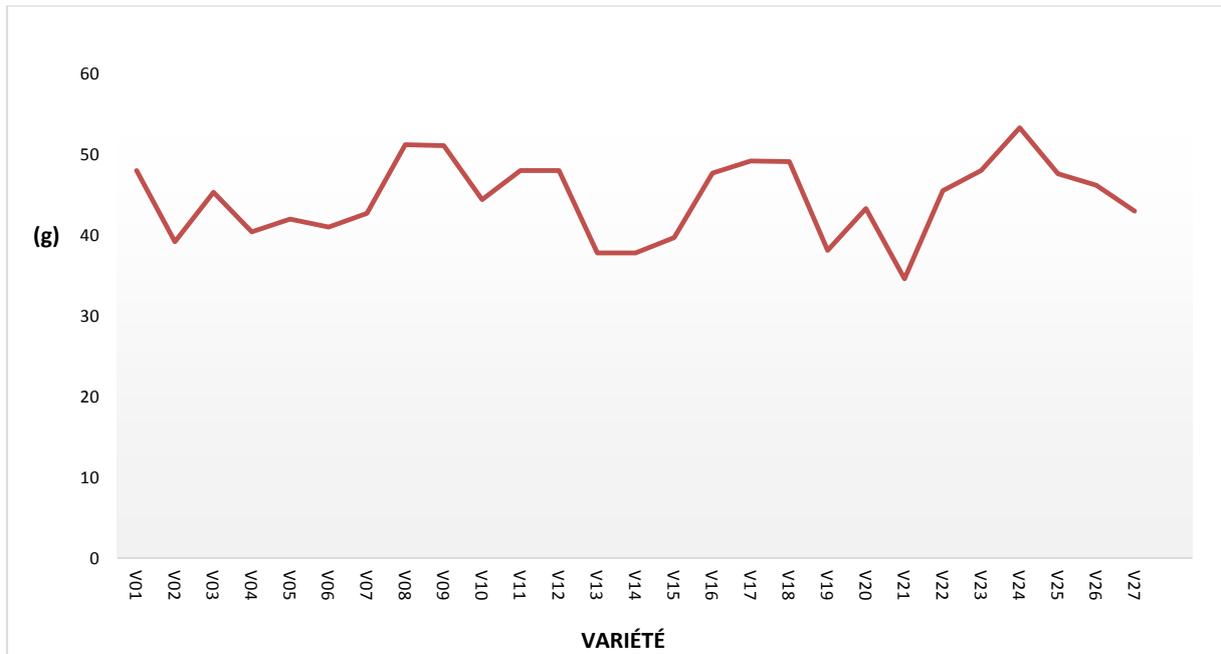


Figure 17 : Comparaison du PMG des 27 variétés de blé dur étudiées.

4.1.4 Taux de mitadinage

La figure N° 20 représente les résultats obtenus pour le taux de mitadinage de nos échantillons où nous constatons 3 valeurs maximales représentées par les variétés **V20** (45 %), **V18** (36,9 %) et la **V26** (29,9 %), tandis que les variétés : **V4** (6 %), **V14** (6 %) et **V27** (4 %) affichent les valeurs les plus faibles. Pour le reste des taux des autres variétés se situent dans l'intervalle entre la valeur 7 % et 26,7 %.

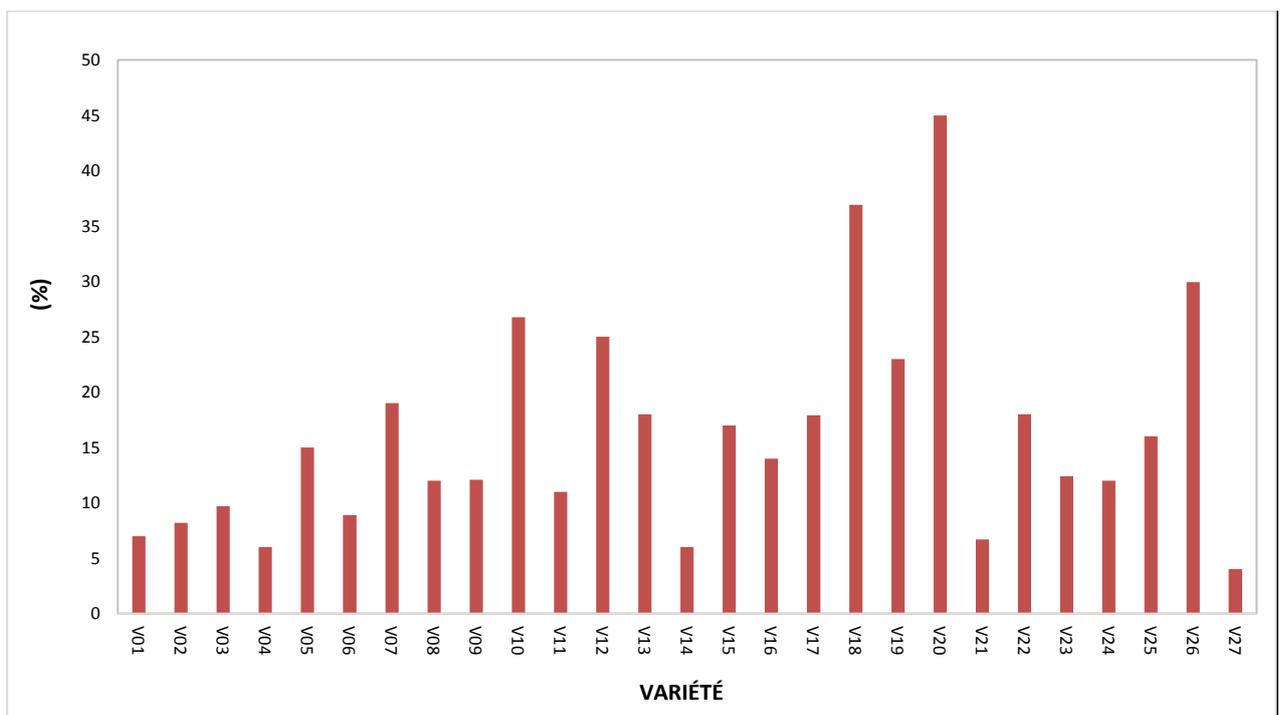


Figure 18 : Comparaison du taux de mitadinage des 27 variétés de blé dur étudiées.

4.2 L'analyse chimique

4.2.1 Taux de cendres

Les résultats obtenus pour ce paramètre, exposent deux valeurs minimales affichées par les variétés **V1** (1,42%) et **V6** (1,47%), tandis que la valeur moyenne des différentes variétés est limitée entre [1,52% – 1,98%], et les valeurs maximales sont obtenus avec les variétés : **V23** (2%), **V3** (2,08%), **V18** (2,12%).

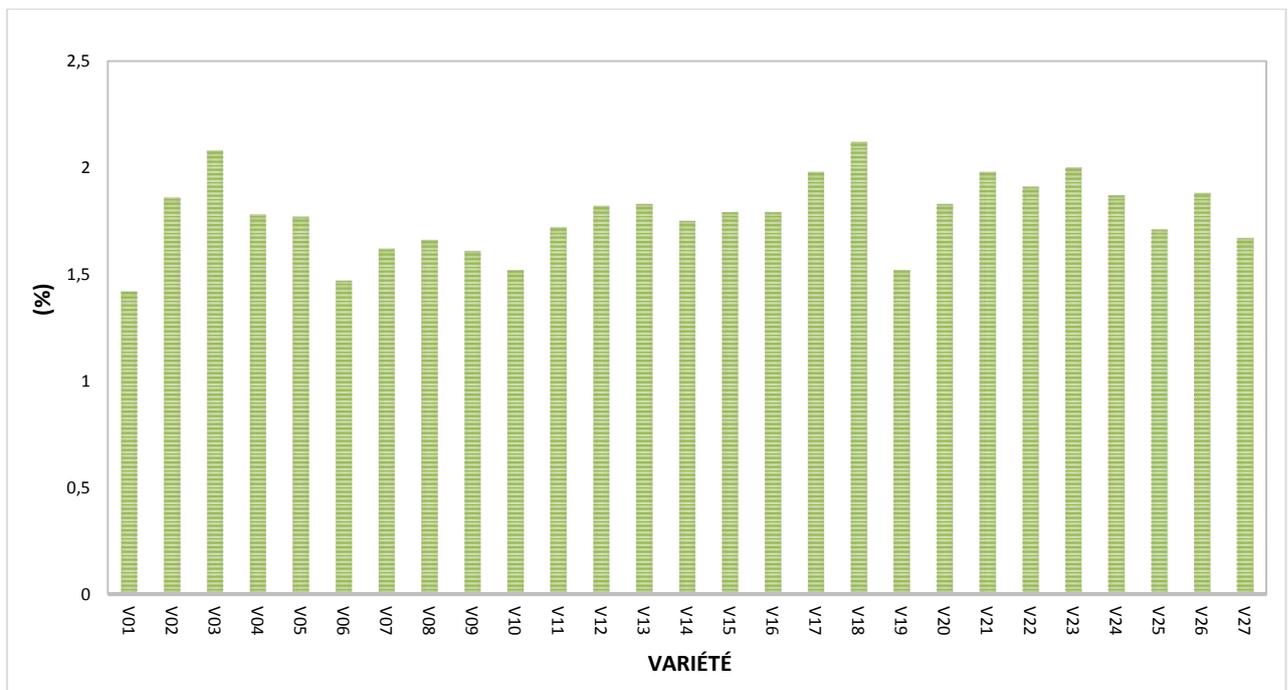


Figure 19 : Comparaison du taux de cendres des 27 variétés du blé dur étudiées.

4.2.2 Teneur en protéines

Les résultats concernant la teneur en protéines des échantillons de blé dur sont mentionnés dans la figure N° 22, où nous pouvons constater que les variétés **V11** et la **V15** exhibent les valeurs les plus hausses (15,6%, 15,3% respectivement). Le taux de protéines des autres 25 échantillons fluctue plus au moins entre 11 % et 14 %.

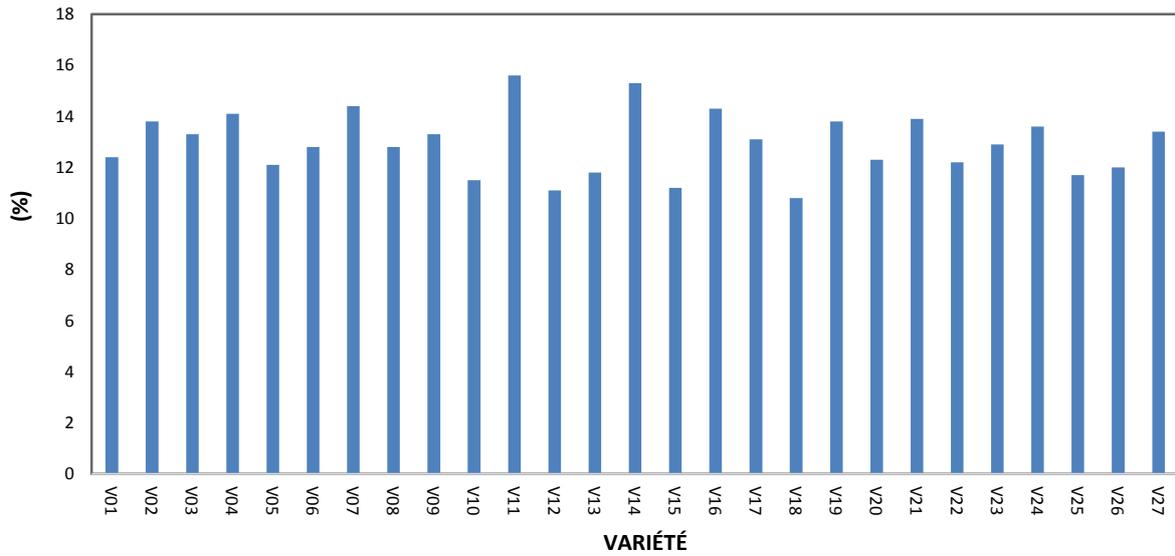


Figure 20 : Résultats de la teneur en protéines des 27 variétés de blé dur étudiées.

4.2.3 Taux d'humidité

D'après la figure 23, nous pouvons constater que le taux d'humidité de la collection des 27 variétés de blé étudiés, montre approximativement une similitude des résultats, avec des valeurs qui oscillent entre 10.7 % (minimale, la **V16**) et 13.2 % (maximale, **V02**).

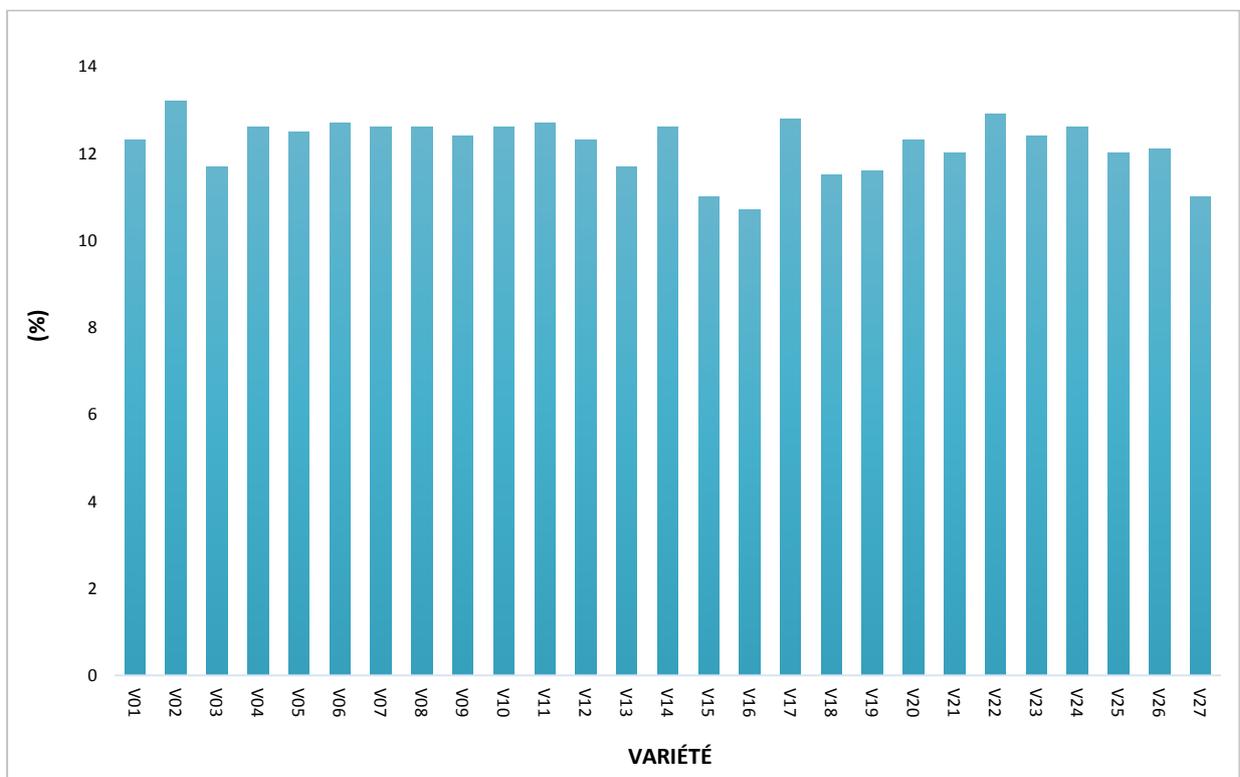


Figure 21 : Comparaison des valeurs du taux d'humidité de 27 variétés du blé dur étudiées.

4.2.4 Teneur en gluten

La teneur en gluten est l'un des paramètres le plus important en industrie semoulière et celle des pâtes alimentaires ; ce dernier est représenté par trois indices différents (figure N°24). Les chiffres du gluten humide montrent des valeurs plus ou moins identiques avec un pic enregistré avec la variété **V11** (35.1%) ; cette même constatation est notée avec la courbe du gluten sec qui affiche une allure d'un pallier avoisinant les 9 – 10 %.

Quant aux résultats du gluten index montrant une nette divergence : 2 variétés sont marquées par des valeurs maximales (la **V10** (98.8 %) et la **V13** (97.7 %)) et 2 cultivars affichent également des valeurs minimales identiques (la **V21** et la **V23** (33.4 %)).

Il existe aussi des variétés qui possèdent des valeurs moyennes supérieures à 40 % qui sont la **V1** (40,6 %), la **V3** (45,3 %) et la **V8** (76,4 %) et des variétés qui affichent des valeurs inférieures à 40 % qui sont : la **V9** (36,4 %), la **V12** (37,2 %) et la **V20** (35,3 %).

Par la combinaison des trois index (Gluten Humide, Gluten sec et Gluten Index), nous constatons que les trois meilleures variétés sont la **V16**, la **V24** et la **V13**.

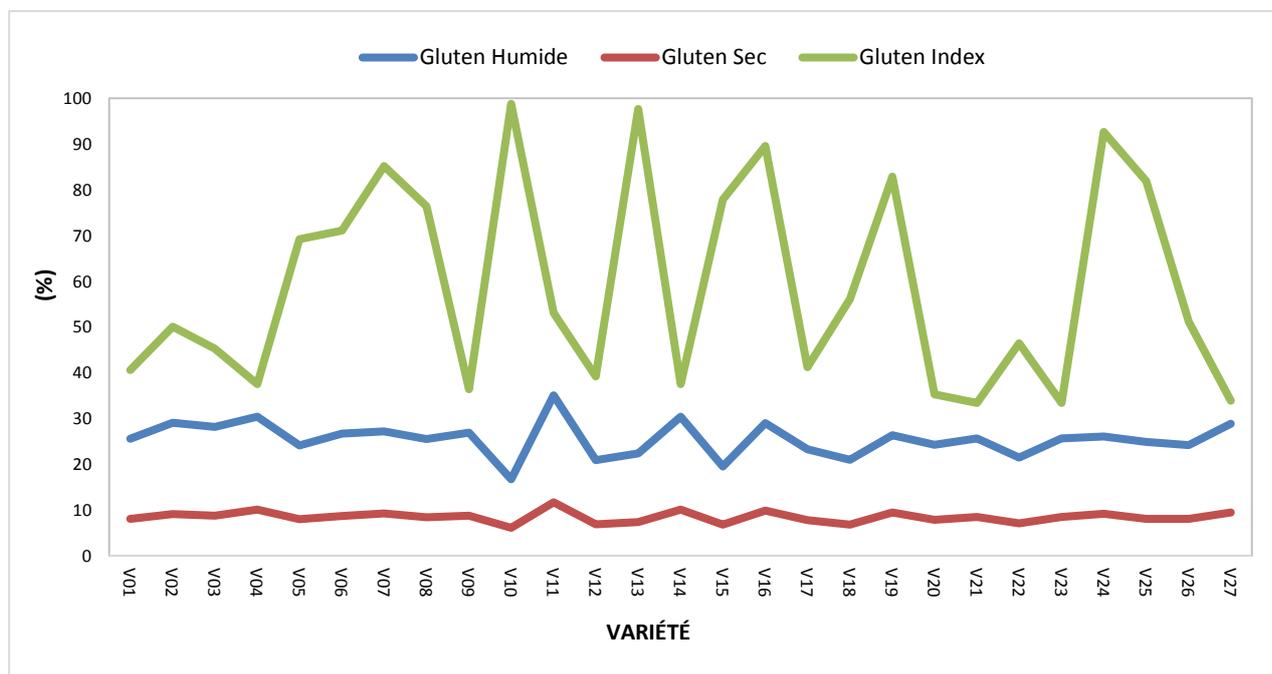


Figure 22 : Comparaison des valeurs de la teneur en gluten des 27 variétés du blé dur étudiées.

4.2.5 Teneur en amidon

Les résultats obtenus affichés dans figure N°25, révèlent l'évolution des chiffres de ce paramètre en une allure de dents de scie avec plusieurs pics qui avoisinent approximativement la valeur de 59 % - 60 % et nous indiquent que ce sont les variétés les plus intéressantes pour

l'industrie céréalière. Les valeurs minimales sont enregistrées avec les variétés **V19** (53.9 %) et **V21** (54.4 %), cependant les autres variétés, nous dévoilent des valeurs moyennes variant dans la fourchette de [54.5 - 59.1] %.

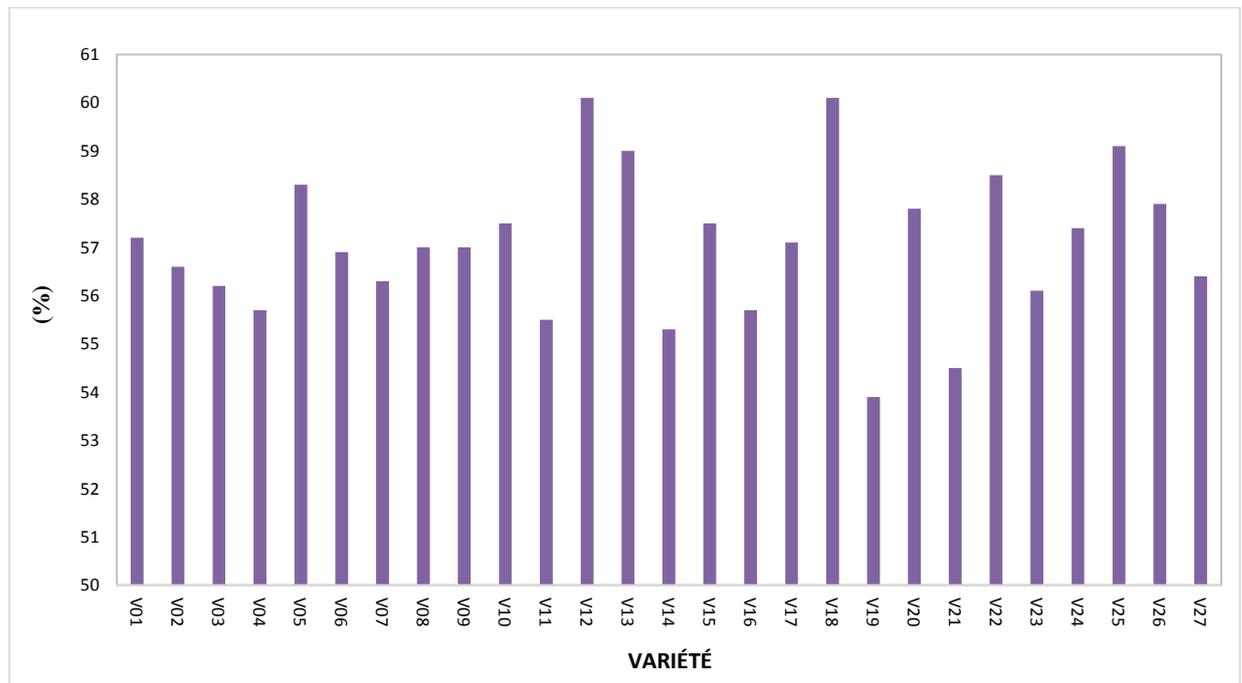


Figure 23 : Comparaison des valeurs de la teneur en amidon des 27 variétés du blé dur étudiées.

4.3 Comparaison entre les variétés de point de vue valeur technologique :

Les analyses physiques et chimiques aident à contrôler la qualité technologique de blé et permet d'obtenir un produit de bonne qualité mais il faut se focaliser sur la teneur en eau qu'est le premier facteur influençant la conservation des grains récoltés au cours du stockage. En effet, ce facteur conditionne le maintien ou la dégradation des qualités sanitaires (insectes, moisissures) et technologiques des denrées stockées.

Ainsi que la teneur en protéines, plus qu'elle est élevée plus le produit est de qualité et joue un rôle important dans la nutrition humaine.

En dernier, la teneur en gluten (protéine insoluble) a trois rôles majeurs : constituer un réseau pour la panification, maintenir la pression des gaz issus de la fermentation des levures et contribuer à la coloration des produits finis.

D'après les détails des résultats obtenus, nous pouvons déduire que la variété **V16** (Gta dur) présente les meilleures valeurs : 10,7% pour la teneur en humidité, 14,3% pour la teneur en protéines, 89,6% pour le gluten index. Ainsi qu'elle présente des valeurs en concordance avec les normes par rapport aux autres analyses.

Par rapport au poids spécifique, cette variété affiche une valeur de 78,8 kg/hl qui est dans la norme de 79,9 kg/hl ; quant au PMG qui affiche une valeur de 47,7g qui également s'insère dans la norme de [33,5g –54,7g].

4.4 Comparaison entre les régions de point de vue valeur technologique :

La comparaison entre les différentes stations de la collecte des échantillons de blé dur dans la wilaya de Guelma la mit en valeur sept régions compte tenu des valeurs les plus importants, à savoir la teneur en protéine et le taux d'humidité. Le tableau suivant résume les meilleures variétés qui méritent d'être suivi par les agriculteurs afin d'avoir des meilleurs rendements.

Tableau 07 : Comparaison entre les régions de Guelma de point de vue technologique

Nom de la région	Code de la variété	Nom de la variété
Ras El Akba	V27	Chilli
Ain Regada	V15	Gta dur
Boumahra Ahmed	V3	Vitron
Héliopolis	V16	Héliopolis
Tamlouka	V4	Waha
Bordj Sabat	V7	Sara ghulla
Ain El Arbi	V13	Rougé

4.5. Discussion

4.5.1. Poids spécifique :

D'après l'étude de (**Benamieur et al, 2011**) sur la variété de Vitron sur la région d'Oum El Bouaghi qui ont trouvé une valeur de 80.5kg/hl et selon nos résultats sur cette variété affiche une valeur moyenne de 80kg/hl. Nous remarquons que les valeurs sont presque identiques, plus précisément avec celle de la région de Boumahra Ahmed.

Pour la variété Waha, (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) ont trouvé sur la région de Constantine une valeur de 81.9kg/hl par rapport la variété étudié de la région de Tamlouka qui affiche une valeur de 80kg/hl et nous remarquons que les valeurs sont proches.

D'après (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) la variété Gta dur sur la région de Constantine affiche une valeur de 85.3kg/hl et dans une autre étude de (**Benamieur et al, 2011**) elle affiche 82.5kg/hl sur la région de Mila en comparaison avec la moyenne de nos variété 80kg/hl. On constate qu'elle est inférieure aux autres régions.

(**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) ont trouvé que la variété Simeto dans la région de Constantine donne un poids spécifique de 82.7kg/hl alors que celle de Kiffen El Assel affiche 79.2kg/hl ce qui est légèrement inférieure à celle du Constantine.

Le poids spécifique dépend essentiellement des conditions climatiques pendant la formation des enveloppes et à la récolte (pluies tardives), et des maladies en particulier des fusarioses sur épis. Mais la variété intervient directement sur ce critère par la forme de son grain et sa résistance à la fusariose (**Masse et al 2002**), ce qui peut être expliqué les valeurs proches des variétés identiques avec des changements légers liés aux différentes caractéristiques climatiques de chaque région.

Tableau 08 : Comparaison entre le poids spécifique du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Vitron	- Benamieur - Chaaboub - Laib	Oum El bouaghi	80.5kg/hl	2011
	Notre travail V08	Tamlouka	83kg/hl	2021
	V23	Boumahra Ahmed	80.7kg/hl	
V01	Ras El Akba	78.6 kg/hl		
Waha	Boulala et Rouabeh	Constantine	81.9kg/hl	2018
	Notre travail V4	Tamlouka	80kg/hl	2021
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	85.3kg/hl	2018
	Benamieur Chaaboub Laib	Mila	82.5kg/hl	2011
	Notre variété V25 V05	Ras El Akba Tamlouka	81.2 kg/hl 79.2 kg/hl	2021
Simeto	Boulala et Rouabeh	Constantine	82.7kg/hl	2018
	V11	Kiffen El Assel	79.2kg/hl	2021

4.5.2. Poids de 1000 grains :

D'après (**Benamieur et al, 2011**) la variété de Vitron de la région de Oum El Bouaghi affiche une valeur de 41.2g alors que dans une autre étude faite par (**Ait-Slimane-Ait-Kaki, 2008**) dans la région de Sidi Bel Abbes affiche 50g tandis que la moyenne de nos variété est de 43g, ce qui est inférieure aux autres régions.

Pour la variété Gta dur (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) ont trouvé sur la région de Constantine une valeur de 45.1g, et dans autre étude par (**Benamieur et al, 2011**) dans la région de Mila affiche 40.2g alors que la moyenne de nos variété Gta dur est de 45.1g ce qui semble supérieure à celle de la région de Mile et identique à Constantine.

La variété Thor affiche une valeur de 53.3g sur la région de Selaoua Anouna, ce qui est impressionnant et reste inégalé ailleurs.

Le poids de mille grains est sous l'effet des composantes suivantes : matière fraîche, matière sèche, eau et matière protéique qui diminuent sous l'effet de l'élévation de la température (**Rousset, 1978**). Selon **Grignac (1981)**, le poids de 1000 grains diminue considérablement sous l'effet des fortes températures et d'un déficit hydrique au moment du remplissage du grain ce qui explique probablement que ces régions ont été soumises à des vagues de températures élevées.

Tableau 09 : Comparaison entre le PMG du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie.

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Vitron	Benamieur Chaaboub Laib	Oum El Bouaghi	41.2g	2011
	Ait-Slimane-Ait-Kaki	Sidi Bel Abbes	50g	2008
	Notre travail V8 V21 V22	Tamlouka Dahouara Héliopolis	51,2g 34,6g 45,5g	2021
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	45.1g	2018
	Benamieur Chaaboub Laib	Mila	40.2g	2011
	Notre travail V9 V2	Bordj Sabat Djbel Ansel	51,1g 39,2g	2021
Thor	Notre travail	Selaoua Anouna	53,3g	2021

4.5.3. Taux de Mitadinage :

Selon le travail de (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) sur la variété Gta dur dans la région de Constantine, elle affiche une valeur de 29,1%, alors que (**Benamieur et al, 2011**) trouve au niveau de la région de Mila une valeur de 5%, en comparaison avec la moyenne de nos variétés 17.3%.

Pour la variété Simeto, (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) trouve une valeur de 17,3% dans la région de Constantine par rapport à celle de Kiffen El Assel qui affiche 11%.

La variété Gta dur est clairement supérieure dans la région de Constantine.

D'après une étude faite par (**Ait-Slimane-Ait-Kaki, 2008**) dans la région de El Khroub

Sur la variété Hedba, elle a trouvé une valeur de 5% alors que celle de la région d'Ain El Arbi a affiché 36,9%, ce qui est étroitement supérieure.

D'après les informations et les résultats obtenus sur les trois sites on conclut que le mitadinage influent sur la perte de vitrosité du grain et sensible à l'environnement (contrôlant 3/4 de sa variabilité) dont les conditions météorologiques, la fertilité du sol (**Phillips et Niemberger, 1976**). Ce qui indique que la région de Constantine et Ain El Arbi a probablement subit une période de précipitations lors de la saison de la récolte.

Tableau 10 : Comparaison entre le Taux de mitadinage du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie.

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	29,1%	2018
	Benamieur Chaaboub Laib	Mila	5%	2011
	Notre travail V2 V10 V15	Djbel Ansel Bouhachana Ain Regada	8,2% 26,7% 17%	2021
Simeto	Boulala et Rouabeh	Constantine	17,3%	2018
	Notre travail	Kiffen El Assel	11%	2021
Hedba	Ait-Slimane-Ait-Kaki	El Khroub	5%	2008
	Notre travail	Ain El Arbi	36,9%	2021

4.5.4. Taux de Cendres

Dans un travail de (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) sur la variété de Gta dur dans la région de Constantine, affiche une valeur de 0.046% ce qui est inférieure à celle de la région de Héliopolis 1.79%.

Ils ont trouvé des résultats similaires pour la variété de Waha alors que celle de la région affiche une valeur de 1.78%. La région de Constantine affiche des faibles résultats en Taux de cendre.

Les résultats de la variété Siméto dans la région de Constantine faite par (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) qui affiche 0.042% avec celle de la région de Kiffen El Assel 1.72% ce qui confirme que la région de Constantine affiche des résultats très faible en taux de cendres

La variété Hedba dans l'étude faite par (**Ait–Slimane-Ait-Kaki, 2008**) dans la région de Sidi Bel Abbas affiche une valeur de 1% ce qui est inférieure à celle dans la région de Ain El Arbi qui affiche 2.1%.

D'une manière générale, les échantillons dans la région de Guelma semblent d'être dans la norme donnée par **Selselet-Attou (1991)**, les taux de cendres enregistrés sont élevés et varient entre 1,62% et 1,98%. En se référant à la bibliographie, ces valeurs sont conformes à celles indiquées par (**Feuillet, 1970**) citées par (**Abecassis, 1998**) (entre 1.50 et 2.21%) et elles sont aussi conformes aux normes données par (**Cubada et al 1969**) entre 1.30 et 2.30% citées par Abecassis (1998). Selon (**Godon, 1991**), le taux de cendres varie dans le grain par rapport à la variété de blé, la région de culture, les méthodes culturales, l'origine historique et l'année de récolte.

Tableau 11 : Comparaison entre le Taux de cendres du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie.

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	0,046%	2018
	Notre travail	Héliopolis	1.79%	2021
Waha	Boulala et Rouabeh	Constantine	0,059%	2018
	Notre travail	Tamlouka	1,78%	2021
Simeto	Boulala et Rouabeh	Constantine	0,042%	2018
	Notre travail	Kiffen El Assel	1,72%	2021
Hedba	Ait–Slimane-Ait-Kaki	El Khroub	1%	2008
	Notre travail	Ain El Arbi	2,1%	2021

4.5.5. Teneur en protéines

L'étude de (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) dans la région de Constantine sur la variété de Waha a affiché une valeur de 12.1% alors que notre variété dans la région de Tamlouka affiche une supériorité avec sa valeur de 14.1%.

Dans une autre étude de (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) sur la même région mais sur la variété Sémito affiche une valeur de 15.26% ce qui est identique à notre variété dans la région de Kiffen El Assel, avec différence insignifiante de 0.6%.

Selon (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) la Variété Gta dur dans la région de Constantine affiche la même valeur 13.3% que la moyenne de nos variété dans la région Djbel Ansel et Ain Awicha respectivement.

Une mention spéciale à la variété V07 Sara ghula qui affiche une bonne valeur de 14,4%.

D'après cette comparaison, on constate que la variété Simeto dispose la meilleure valeur de teneur en protéines et les autres variétés affiche des similarités dans les régions de Guelma et Constantine. En effet, la richesse en protéines constitue un paramètre de qualité important, elle varie avec de nombreux facteurs tels que la variété, les conditions agro climatique de la culture et le stade de maturité des grains (**Selselet, 1991**)

Et selon (**Hlynka, 1964**) cité par (**Namoune, 1989**), les périodes de pluie importantes diminuent les teneurs en protéines mais les saisons sèches les relèvent ce qui explique la forte teneur en protéine de Siméto dans la région de Constantine et Kiffen El Assel ont été soumises à des vagues de températures élevées pendant le stade de maturation des grains.

Tableau 12 : Comparaison entre la teneur en protéines du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie.

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Waha	Boulala et Rouabeh	Constantine	12,1%	2018
	Notre travail V4	Djebas (Tamlouka)	14,1%	2021
Sémito	Boulala et Rouabeh	Constantine	15,26%	2018
	Notre travail V11	Kiffen El Assel	15,6%	2021
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	13,36%	2018
	Notre travail V9 V2	Ain Awicha Djbel Ansel	13,3% 13,8%	2021

4.5.6. Teneur en humidité

D'après (**Benamieur et al, 2011**) la variété Vitron de la région Oum El Bouaghi affiche une valeur de 13.6% ce qui est légèrement supérieure à la moyenne de nos variété est de 12.2%.

Selon (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) la variété Gta dur affiche 9.8% dans la région de Constantine ce qui inférieure à celle de la région de Mila 13% (**Benamieur et al, 2011**) et à la moyenne de nos variété 12%.

(**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) ont trouvé que la variété de Waha et Simeto dans la région de Constantine affiche une valeur de 10.4% et 10.5% ce qui est inférieure celle de Tamlouka 11.7% et Kiffen El Assel 12.7%.

Les valeurs de nos variétés Waha, Simeto, Gta dur, Vitron sont toujours conformes à la norme fixée par le codex alimentarius (14.5% maximum).

Selon (**Montissino, 2003**) La teneur en eau des grains de blé local varie d'une variété aune autre. Cette variabilité dans le taux d'humidité due à l'influence de l'environnement, le climat, en particulier la quantité de pluie au cours des dernières phases du développement de la plante, l'altitude, la composition du sol et l'influence de la période de plantation dans l'année, ce qui interprète les similarités des résultats de différents variétés dans la même région de Constantine et de Guelma.

Tableau 13 : Comparaison entre la teneur en humidité du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie.

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Vitron	Benamieur Chaaboub Laib	Oum El Bouaghi	13.6%	2011
	Notre travail V19 V22 V26	Roknia Héliopolis	11,6 % 12,9 % 12,1 %	2021
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	9,8 %	2018
	Benamieur Chaaboub Laib	Mila	13 %	2011
	Notre travail V16 V2 V25	Héliopolis Djbel Ansel Ras El Akba	10,7 % 13,2 % 12 %	2021
Waha	Boulala et Rouabeh	Constantine	10,4 %	2018
	Notre travail	Tamlouka	11,7 %	2021
Simeto	Boulala et Rouabeh	Constantine	10,5 %	2018
	Notre travail	Kiffen El Assel	12,7 %	2021

4.5.7. Teneur en Gluten

- **Gluten Sec**

D'après (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) la variété Gta dur sur la région de Constantine affiche une valeur de 2,21% alors que la moyenne de nos variété dans les régions de Héliopolis, Bouhachana, et Djbel Ansel est supérieure 7.7%.

Les mêmes valeurs s'affichent pour les variétés Waha et celle de la région de Tamlouka alors que la variété Simeto dans la région de Constantine est inférieure à celle de la région de Kiffen El Assel 11.7%.

La comparaison de nos résultats avec les chiffres élucidés par **Lecoq, (1965)**, nous constatons que toutes les variétés qui fluctuent entre 8 et 12 %, sont conformes aux normes.

Tableau 14 : Comparaison entre la teneur en gluten sec du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	2,21%	2018
	Notre travail V10 V5 V2	Héliopolis	6,1%	2021
		Bouhachana Djbel Ansel	8,1% 9,1%	
Waha	Boulala et Rouabeh	Constantine	10.4%	2018
	Notre travail	Tamlouka	10%	2021
Simeto	Boulala et Rouabeh	Constantine	1,94%	2018
	Notre travail	Kiffen El Assel	11,7%	2021

- **Gluten Humide**

D'après (**Boulala ; et Rouabeh, 2018**) la variété Gta dur sur la région de Constantine affiche une valeur de 6.29% alors que la moyenne de nos variété dans les régions de Héliopolis, Bouhachana, et Djbel Ansel est inégalement supérieure avec une valeur de région de 25.3%.

Les mêmes valeurs d'infériorité s'affichent pour les variétés Waha et Simeto dans la même région avec nos variétés qui affichent des valeurs supérieure 28.2% dans la région de Tamlouka et 35.1% à Kiffen El Assel.

Ce qui indique que la région de Guelma marque des valeurs supérieures et conformes aux normes de (**Delachaux, 1983**) fixée à 27,85 %. La teneur élevée en gluten humide pourrait être due à une forte absorption d'eau. Plus le gluten absorbe de l'eau et plus la différence est grande entre le gluten humide et sec et plus le gluten est de bonne qualité.

Tableau 15 : Comparaison entre la teneur en gluten humide du blé dur des régions de Guelma avec d'autres sites en Algérie.

La variété	L'auteur	Lieu	La valeur	L'année
Gta dur	Boulala et Rouabeh	Constantine	6,29%	2018
	Notre travail V14 V22 V26	Héliopolis	30,4%	2021
		Bouhachana	21,5%	
Djbel Ansel		24,2%		
Waha	Boulala et Rouabeh	Constantine	6,72%	2018
	Notre travail	Tamlouka	28,2%	2021
Simeto	Boulala et Rouabeh	Constantine	4,91%	2018
	Notre travail	Kiffen El Assel	35,1%	2021

Conclusion

Notre travail a pour objectif d'étudier quelques caractéristiques technologiques des grains de 27 variétés de blé dur de la région de Guelma afin de les comparer et les évaluer par rapport au climat de cette région. Au terme de cette étude et à la lumière des résultats obtenus pour la collection des différentes variétés cultivées dans les différentes régions de la wilaya de Guelma, il apparaît que la variété Gta dur obtenu des terres agricoles d'Héliopolis est la plus intéressante car elle affiche des valeurs supérieures en comparaison avec les autres variétés.

Il paraît aussi que les chiffres des résultats des paramètres étudiés sont significativement variés ; cette variabilité était plus ou moins attendue vu que la qualité technologique est sensiblement affectée par les traits environnementaux de chaque site et bien évidemment les caractéristiques de chaque variété.

Concernant le poids spécifique et le poids de mille grains qui sont les deux paramètres très demandés par l'industrie de transformation céréalière en donnant une indication globale sur le rendement en semoule. Les valeurs enregistrées affichent une variabilité dans l'intervalle de [71.8-86.4] kg/hl pour le PS et [34.6-53.3] g pour le PMG ; les valeurs maximales sont obtenues pour la variété Hedba de Ain El Arbi et Thor de Selaoua Anouna respectivement.

La teneur en protéine est aussi un critère très important pour l'industrie agro-alimentaire, varie d'une manière générale de [11-15] %. La variété Semeto de Kiffen El Assel montre le meilleur rendement pour ce paramètre.

Malheureusement, le taux de mitadinage affiche des valeurs en hausse dans un intervalle de [7-26] % et pose par voie de conséquence, des difficultés inquiétantes dans le cas d'utilisation dans l'industrie de transformation. Pour la teneur en gluten ce qui est considérée comme un paramètre important dans l'industrie agroalimentaire comme celle des pâtes alimentaires, les variétés de la région de Guelma ont montré des valeurs aux proches aux normes pour le gluten sec ainsi que l'humide plus notamment la V16 Gta de la région de Héliopolis qui affiche 26.9% et la teneur en amidon se varie entre l'intervalle [54.5 - 59.1] %.

Par contre, le taux d'humidité analysé pour les variétés étudiées, nous présente une similitude approximative dans les chiffres des résultats qui oscillent entre 10,7 % et 13.2 % pour toute la collection. La comparaison de nos résultats avec celles d'autres régions de l'Algérie (Constantine, Oum el Bouaghi, Sidi bel abbas) montrent que le blé dur de la région de Guelma est d'une qualité acceptable.

Finalemant, le présent travail peut être considéré comme une ébauche et mérite d'être poursuivi en mettant en exergue le nombre d'échantillons analysés afin de déterminer quelle est la ou les variétés de blé dur le/les mieux adapté(s) de point de vue technologique et qui résistent aux aléas climatologiques qu'abrite la région de Guelma.

Références Bibliographiques

- **Aissaoui, N. Oumeddour, W. (2011).** Contribution à l'étude de la qualité du blé, semoulerie de AMOR BENAMOR d'EL Fedjoudj-Guelma. (Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma) P : 159
- **Ait Kaki, S. (2008).** Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie (Thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba). P : 107-120
- **Amira, D. Fadel, M. (2013).** La sélection variétale du blé dur à partir des paramètres technologiques. Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma, P : 69
- **ASSASSI, S. (2017).** L'agriculture contractuelle dans la filière tomate industrielle : logiques d'acteurs et effets sur leurs performances (Thèse de doctorat, ENSA). P : 54
- **Bar, C. (1995).** Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Lavoisier, Paris. P : 269
- **Bellagoun, I. Medini, A. (2015).** Etude comparative de la qualité technologique de quelques échantillons du blé dur issus de la moisson 2014 (région de Guelma). (Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma) P : 66
- **Benabdallah, M. (2010).** Les caractères et les effets d'une fertilisation biologique par le grignon d'olive sur le rendement des cultures des céréales. Mémoire de master, Université de Tlemcen, Tlemcen, 101p.
- **Benkhelifa, Z. Siouda, A. (2016).** Etude éco physiologique des quelques écotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans la région semi-aride de Setif. (Mémoire de master, Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A, Setif) P : 74
- **Boulala, Z., & Rouabeh, A. (2018).** Appréciation de la qualité technologique de 8 variétés homologuées de blé dur cultivées dans la région de Constantine. (Mémoire de Master, Université des Frères Mentouri Constantine) P : 28-38
- **Bouneche, H. (2015).** Fric : technologie de fabrication et qualité. (Mémoire de magister, Université Constantine 1 I.N.A.T.A.A, Constantine) P : 88
- **Chaoui, R. Talbi, M. (2020).** L'efficacité d'un fongicide « Prosaro » nouvellement introduit en Algérie sur le contrôle des maladies fongiques du blé dur (*Triticum durum* Desf.), variété « Vitron » dans la région de Guelma. (Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma) P : 90.
- **Chetmi, D. (2010).** Etude comparative de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf) et analyse diallèle de leurs hybrides F1. Mémoire de magister, Institut national d'agronomie, Alger, 123p.

- **Chopin Technologies**, mode d'emploi d'Infraneo, Catalogue illustré par Chopin technologies, 92396 Villeneuve la garenne cedex - France, 2010. P
- **Chourghal, N., & Hartani, T. (2020)**. « Quelle stratégie de semis du blé dur en Algérie pour s'adapter au changement climatique ? ». Cahiers Agricultures, 29, 22. P : 02
- **El Hadeef el okki, L. (2015)**. Valeurs d'appréciation de la qualité technologique et biochimique des nouvelles obtentions variétales de blé dur en Algérie. (Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Setif) p : 97.
- **Feillet P., (2000)**. Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA.pp
- **Haddad, L. (2010)**. Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (Triticum Durum Desf.) Sous climat méditerranéen. (Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Setif), P : 88.
- **Haddad, L. (2018)**. Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (Triticum durum Desf.) sous climat méditerranéenne (Thèse de doctorat, ENSA). P : 23-24
- **Kara, K. (2015)**. Interactions génotype-milieu de variétés de blé tendre (Triticum aestivum L.) sous stress hydrique. (Thèse de Doctorat, Université Des Frères Mentouri, Constantine), P : 222.
- **Khebbat, Z. (2015)**. Etat hydrique du sol et performance d'une collection de variétés de blé dur. (Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Setif), P : 188.
- **Khebbat, Z. (2018)**. Etat hydrique du sol et performance d'une collection de variétés de blé dur (Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif 1). P : 24-25-26
- **Laala, Z. (2010)**. Analyse en chemin des relations entre le rendement en grains et les composantes chez des populations F3 de blé dur (Triticum durum Desf.) Sous conditions semi-arides. Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Setif, 97p.
- **Lounis Khodja, A. (2010)**. L'effet de fractionnement d'une seule dose d'azote sur la production de blé dur (Triticum durum) variété Simeto dans la zone d'Ouarizane. RELIZANE. Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 62p.
- **Maamri, Kh. (2009)**. Stabilité du critère de la discrimination du carbone isotopique en relation avec le poids spécifique de la feuille drapeau chez quelques variétés de blé dur cultivées en milieu semi-aride. (Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas, Setif) P : 111.
- **MÉTHODES OFFICIELLES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES RELATIVES AUX CÉRÉALES ET PRODUITS DÉRIVÉS. (2013)**. JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 01(27,28), 35(19).
- **Mofakkir, H. (2016)**. Contrôle de qualité du blé et de la farine. (Mémoire de master, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Fes) P : 38.

- **Mostefaoui, H. (2011).** Étude d'impact des changements climatiques sur la productivité du blé dur en zone semi-aride : Cas de la région du bassin du chélif (Thèse de doctorat, Université de Chlef-Hassiba Benbouali) P : 1-08
- **Nora, M. D. (2015).** Etude de la variation spatio-temporelle de certaines caractéristiques technologiques de quelques variétés de blé dur cultivées en Algérie (Thèse de doctorat, Université de Badji Mokhtar Annaba). P : 08
- **Oudjani, W. (2009).** Diversité de 25 géotypes de blé dur (*Triticum durum* Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. (Mémoire de magister, Université Mentouri, Constantine) P : 113.
- **Rahal-Bouziane, H. (2016).** Quelques cultures stratégiques pour l'Algérie face aux changements climatiques : l'Orge (*Hordeum vulgare* L.) et le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. BR]. *Algerian Journal of Arid Environment "AJAE"*, 6(1), 15-31. P : 02(01)
- **Sadaoui Hamlaoui, B., & Houhamdi, M. (2018).** Inventaire et écologie des oiseaux nicheurs dans la ville de Guelma (nord-est de l'Algérie). (Thèse de doctorat, Université Larbi Ben M'hidi, Oum El-Bouaghi). P : 23
- **Zalani, A. Zalani, D. Zoufoul, S. (2020).** Etude de l'effet de la fertilisation chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) (Variété Vitron) dans la région de Guelma. (Mémoire de master, Université 8 Mai 1945, Guelma) P : 97

Site web

- La culture du blé. (2021). Espace pain information

[1] https://blog.spotifarm.fr/tour-de-plaine-spotifarm/comment-determiner-la-densite-optimale-pour-son-semis-de-ble-tendre-dhiver?fbclid=IwAR2hrYYQ4ocZl0uvNqrfz_OXFpoc7VtN01eKkryQW524e1LI3WpM5VGqQo0 visité le/11/04/2021.

[2] https://www.21stcentech.com/rice-staple-risk-rising-temperatures/?fbclid=IwAR0otJ_Dp_ewHn_rKmSuUU8ZVYl6dhjJDiNoWReKCq8lrggQckhSAVDxwuM visité le/11/04/2021.

[3] https://www.wikiwand.com/fr/Grain_de_bl%C3%A9?fbclid=IwAR3C7oe6WOFD7bpUUy4eDeSBYLhEo26APH3IgF8E-8eZL2Xx1by0017kDNo visité le/20/04/2021.

[4] ASSASSI, S. (2017). L'agriculture contractuelle dans la filière tomate industrielle : logiques d'acteurs et effets sur leurs performances (Thèse de doctorat, ENSA). P : 54

[5] *Climat*. (2021). Direction du commerce Guelma. <https://www.dcwguelma.dz/fr/index.php/10-menu-principal/15-climat> -visité le 03/06/2021.

<https://espace-pain.info/index.php/la-culture-du-ble/> -visité le 08/07/2021.

[6] <https://www.echoroukonline.com/%D8%B9%D9%85%D8%A7%D9%84-%D9%85%D8%B7%D8%A7%D8%AD%D9%86-%D8%A8%D9%86-%D8%B9%D9%85%D8%B1-%D9%8A%D8%AD%D8%AA%D8%AC%D9%88%D9%86-%D9%84%D8%A5%D9%86%D9%82%D8%A7%D8%B0-%D9%85%D9%86%D8%A7%D8%B5%D8%A8?fbclid=IwAR2JcUihhzXHo5my6t7HCQynLDKhaK3IJaZ3mwd7BpjCyhbFb98tPN0xy0g> visité le 19/06/2021.

[7] https://www.westernex.com.au/our-range/product/109489-sample-splitter-stainless-steel-1-tier/related_product-109442?fbclid=IwAR1J0eT2-Yc68YetdZMIT_w1jIXUIuoGUYQh_2O9NhVlnx4ytaA8Un6bvTQ visité le 06/07/2021.

https://www.pfeuffer.com/product/handheld-test-sieves?fbclid=IwAR0IEzwnTFWTgZpR4OYH4vJKdyaJIcETQWqArrn3gtpWE_wV2wG_5GM3yvg visité le 06/07/2021.

[8] https://www.tripette.fr/controle-qualite-grains/farinotome-de-phol/?fbclid=IwAR1NdAVCKdhQfB8at_ZRGKV-pmlX9WkTy-nnCw8P5U2LcST4z3C2sQtanCE visité le 10/07/2021.

[9] https://www.kpmanalytics.com/products/infraneo-nir-analyzer?fbclid=IwAR2QSUPJGyPB8N4BlhgGz11ne2j9CXRCeNb22H8wkjRW0SugyEpW3M_vQfQ visité le 10/07/2021.

Tableau A : Les analyses physico-chimiques

Variété	Taux de protéines	Amidon	Humidité	PMG	Mitadinage	Taux de cendre	Poids spécifique
V1	12,4	57,2	12,3	47,619	7	1,42	78,6
V2	13,8	56,6	13,2	39,21	8,2	1,86	76,3
V3	13,3	56,2	11,7	45 ,317	9,7	2,08	71,8
V4	14,1	55,7	12,6	40 ,43	6	1,78	80,9
V5	12,1	58,3	12,5	42,075	15	1,77	79,2
V6	12,8	56,9	12,7	41,379	8,9	1,47	76,7
V7	14,4	56,3	12,6	42,72	19	1,62	77,9
V8	12,8	57	12,6	51,28	12	1,66	83,8
V9	13,3	57	12,4	51 ,15	12,10	1,61	73,9
V10	11,5	57,5	12,6	44,44	26,76	1,52	76,8
V11	15,6	55,5	12,7	48,154	11	1,72	79,2
V12	11,1	60,1	12,3	48,076	25	1,82	82,7
V13	11,8	59	11,7	57,80	18	1,83	82,1
V14	15,3	55,3	12,6	37,87	6	1,75	82,7
V15	11,2	57,5	11	39,73	17	1,79	77,4
V16	14,3	55,7	10,7	47,77	14	1,79	78,8
V17	13,1	57,1	12,8	49,26	17,93	1,98	80,9
V18	10,8	60,1	11,5	49,10	36,93	2,12	86,4
V19	13,8	53,9	11,6	38,16	23	1,52	76
V20	12,3	57,8	12,3	43,35	45	1,83	79,9
V21	13,9	54,5	12	34,68	6,71	1,98	74,3
V22	12,2	58,5	12,9	45,54	18	1,91	80,9
V23	12,9	56,1	12,4	48 ,07	12,40	2,00	80,7
V24	13,6	57,4	12,6	53 ,380	12,01	1,87	82,1
V25	11,7	59,1	12	47 ,61	16	1,71	81,2
V26	12	57,9	12,1	46 ,22	29,95	1,88	81,5
V27	13,4	56,4	11	43,352	4,02	1,67	83

Tableau B : Teneur en Gluten

Echantillon	Gluten Humide (%)	Gluten Sec (%)	Gluten index (%)
V1	25,6	8,1	40,6
V2	29,1	9,1	50,1
V3	28,2	8,8	45,3
V4	30,4	10,08	37,5
V5	24,1	8,0	69,2
V6	26,7	8,7	71,1
V7	27,2	9,3	85,2
V8	25,5	8,4	76,4
V9	26,9	8,8	36,4
V10	16,7	6,1	98,8
V11	35,1	11,7	53,1
V12	20,9	6,9	39,2
V13	22,4	7,4	97,7
V14	30,4	10,1	37,5
V15	19,5	6,8	77,9
V16	29,0	9,9	89,6
V17	23,3	7,8	41,2
V18	21,0	6,8	56,1
V19	26,4	9,5	82,9
V20	24,3	7,9	35,3
V21	25,7	8,5	33,4
V22	21,5	7,1	46,5
V23	25,7	8,5	33,4
V24	26,1	9,2	92,7
V25	24,9	8,1	81,9
V26	24,2	8,1	51,2
V27	28,9	9,5	33,9

Résumé

La présente étude, menée au niveau des moulins Amor Ben Amor (El Fedjoudj, wilaya de Guelma) est consacrée au suivi des valeurs technologiques d'une collection de 27 variétés du blé dur (*Triticum durum*) issue de la récolte de la campagne agricole 2018/2019 et 2019/2020 de différentes localités de Guelma. A cet effet, nous avons effectué une série d'analyses qualitatives : des analyses physiques (l'agrèage, le poids spécifique, le poids de mille grains, le taux de mitadinage) ainsi que des analyses chimiques (taux de cendres, teneur en gluten, taux d'humidité, teneur en protéines et enfin teneur en amidon) afin d'estimer quelle est la (les) variété (s) ou la (les) région (s) qui présente (ent) plus le meilleur rendement agroalimentaire. L'analyse des résultats obtenus a montré différences hautement significatives entre les variétés issues de différentes stations pour la majorité des paramètres estimés ; avec une distinction remarquable de la variété Gta dur de la région d'Héliopolis qui présente la meilleure qualité comparativement aux autres variétés des régions étudiées.

Mots clés : Blé dur, *Triticum durum*, grains, régions, paramètres technologiques, qualité, climat.

المخلص :

أجريت هذه الدراسة في مطاحن عمر بن عمر (الفجوج، ولاية قالمة)، المخصصة لرصد القيم التكنولوجية لمجموعة تحتوي على 27 صنفاً من القمح الصلب (*Triticum durum*) من حصاد الحملة الزراعية 2019/2018 و2020/2019 لمختلف بلديات قالمة. لهذا الغرض، أجرينا سلسلة من التحليلات النوعية: التحليلات الفيزيائية (البحث عن الشوائب، الوزن النوعي، وزن ألف حبة، معدل الميتاديناج)، وكذلك التحليلات الكيميائية (نسبة الرماد، نسبة الغلوتين، نسبة الرطوبة، نسبة البروتين وأخيراً نسبة النشا)، من أجل تقدير هذه الأصناف وكذا المناطق التي لديها أفضل محصول ومردود من الأغذية الزراعية. ومن خلال تحليل النتائج التي تم الحصول عليها، تم اظهار فروق ذات دلالة إحصائية بين الأصناف من المحطات المختلفة لغالبية المتغيرات المقدره، مع تمييز ملحوظ لـ *Gta dur* لمنطقة هليوبوليس والذي يقدم أفضل جودة مقارنة بالأصناف الأخرى من المناطق المدروسة.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، *Triticum durum*، الحبوب، المناطق، الخصائص التكنولوجية، الجودة، المناخ.

Abstract

The current study, conducted at Amor Ben Amor mills (El Fedjoudj, Guelma Province), aims to explore the technological values from a collection of twenty-seven (27) varieties of durum wheat (*Triticum durum*) obtained from the harvest of the agricultural campaign 2018/2019 and 2019/2020 from different regions of Guelma Province. In this regard, a series of qualitative analyses have been carried out: physical analyses (impurities tests, grain test weight, 1000 kernel weight and the rate of mitadinage), as well as chemical analyses (grain moisture, the ash, gluten, protein and starch content). In order to estimate these varieties and their regions and which one of these had the best results in terms of yields and overall technological quality comparing to the norms of agri-food industry. The analysis of the results obtained showed a variation of statistical significance between the varieties from different stations for most of the estimated parameters with a remarkable distinction of the variety Gta durum of Heliopolis region that represents the best overall quality compared to the other examined regions.

Key words: durum wheat, *Triticum durum*, grains, regions, technological parameters, quality, weather.