



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Larbi Tébessi –Tébessa-

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie appliquée

MEMOIRE DE MASTER

Domaine: sciences de la nature et de la vie

Filière: sciences biologiques

Option: Qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème:

L'effet de l'épandage d'une fumure organique sur la qualité nutritionnelle du blé dur (*Waha, Mohammed Ben Bachir*)

Présenté par:

*Abdelmalek Djihed

*GoucemTaha Abdallah

Devant le jury:

Mme Taleb Salima	MCA	Université De Tébessa	Président
Mme Boujabi Sonia	MCB	Université De Tébessa	Rapporteur
Mr Fatmi Hindel	MAA	Université De Tébessa	Examineur

Date de soutenance:29-05-2016

Note : Mention :



المخلص

إن العمل المقدم قائم على أساس دراسة تأثير استعمال الحماة على بعض عوامل النوعية الغذائية لنوعين من القمح الصلب (واحة; محمد بن بشير)

تمت التجربة في سنة 2010, تقوم على تطبيق ثلاث تراكيز من الحماة (120 غ/اص, 300 غ/اص ; 600 غ/اص) مع سماد معدني (اليوريا) بتركيز 0.82 غ/اص وأخيرا الشاهد دون سماد, كل تركيز تم تطبيقه على النوعين واحة ومحمد بن بشير.

ثمانية عوامل تمت دراستها : كمية العناصر المعدنية, البروتين, الليبيدات, النشاء, الاميلوبكتين, الأحماض الدسمة الرطوبة و المعادن الثقيلة (الحديد و الزنك).

بينت النتائج إن إضافة الحماة حسنت بعض من خصائص النوعية الغذائية للقمح المدروس مقارنة مع الشاهد, التي تتجلى في تحسين مستوى كل من كمية العناصر المعدنية, البروتين, الليبيدات , بينما لم نسجل تراكم في المعادن الثقيلة وذلك مرتبط لقلة نسبتها في الحماة؛ كما لم نسجل تحسين في النشاء ونسبة الرطوبة .

الكلمات المفتاحية الحماة, نوعية الحبوب, النوعية الغذائية, المعادن الثقيلة .

Résumé

Résumé

Le présent travail porte sur l'étude de l'effet de l'épandage à base de boue résiduaire sur quelques paramètres de qualité nutritionnelle de deux variétés de blé dure (*Waha* et *Mohammed ben Bachir*)

L'expérimentation faite en 2010 consistait à un épandage de trois doses de boues (B1=120gde MS de boue /pot, B2=300gde MS de boue/pot, B3=600 de Ms de boue / pot) sur un sol contenu dans des pots en plastique, pour comparer l'effet des boues comme bio-fumures organique, un quatrième niveau de traitement a été rajouté et qui consiste à un fertilisant minérale (L'Urée à une dose de 0.82gN / pot) ; enfin le témoin T sans fertilisation qui représente le cinquième niveau. Huit paramètres ont été étudiés ; le taux de cendre, l'humidité, lipides, protéines, l'acidité grasse, l'amidon, l'amylopectine et les métaux lourds (Zn et Fer).

Les résultats montrent que l'apport des boues résiduaires améliore certains paramètres de la qualité nutritionnelle du blé par rapport au témoin. Une amélioration qui se résume en une augmentation dans la teneur des cendres, protéines et lipides, cependant on ne note aucune accumulation de métaux lourds ceci est en relation avec leurs faibles teneurs dans les boues utilisées, on note aussi aucune amélioration dans l'humidité et la teneur de l'amidon.

Mots clés : Boue résiduaires, qualité nutritionnelle, qualité du grain, métaux lourds.

Sommaire

Résumé

Liste des figures

liste des tableaux

Remerciement

Introduction

Revue bibliographique

Chapitre I : Le blé dur

I.1. Définition du blé dur..... 15

I.2. Les caractères morphologiques du blé..... 15

I.3. La classification du blé dur..... 18

I.4. La phylogénie du blé dur..... 19

I.5. Le cycle biologique du blé dur..... 20

I.6. Les processus physiologiques relatifs aux différents stades phénologiques 23

I.7. Les exigences du blé..... 25

I.8. L'importance nutritionnelle de blé dur..... 26

Chapitre II : La fertilisation

II.2. La fertilisation..... 31

II.1. définition de la fertilisation..... 31

II.2. Les éléments essentiels pour la vie des plantes..... 32

II. 3. Les types d'engrais..... 32

II.3.1. Engrais organiques 32

II. 3.2. Engrais minéraux..... 32

II.3. 3. Engrais organo-minéraux..... 33

II.4. Les boues résiduaires 34

II.4.1. Origine des boues..... 36

II.4. 2. Traitements des boues..... 37

II.4.3. Les voies d'élimination des boues 39

II.5. La composition des boues résiduaires..... 40

II.6. L'utilisation des engrais et du fumier en Algérie..... 40

Sommaire

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1 .Origine du matériel végétal.....	43
III.2.La réalisation de l'expérimentation.....	44
III.3.Protocole expérimental.	46
III.3.1.Détermination de l'humidité.....	46
III.3.2. La teneur en cendre total.....	46
III.3.3. Dosage des protéines.....	47
III.3.4.Le dosage de l'amidon et l' Amylopectine.....	48
III.3.5.Détermination de l'acidité grasse.....	49
III.3.6.Détermination de teneur des lipides.....	49
III.3.7.Dosage de métaux lourds.....	50
III.4.Les études statistiques.....	50

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV1.Le taux de l'humidité.....	52
IV.2.Teneur total en cendre	52
IV.3. la teneur d'azote.....	57
IV.4.la teneur des protéines.....	59
IV.5.la teneur de l'amidon.....	61
IV.6. la teneur de l'amylopéctine.....	63
IV.7. La Teneur des lipides	65
IV.8. La teneur de l'acidité grasse	67
IV.9.La teneur de métaux lourds (fer et zinc).....	69
Conclusion et perspectives	
Références bibliographiques.....	
Annexe.....	

Remerciements

Ce travail n'aurait pu se réaliser sans l'aide de Dieu qui nous a donné volonté, courage et surtout patience, puis celle de toutes les personnes qui y ont contribué de près et de loin.

Nos sincères remerciements s'adressent à :

En premier lieu mon encadreur Mme Boudjabi Sonia pour ces conseils précieux durant toute la période de ce modeste travail.

Mes profonds respects aux membres du jury pour avoir accepté de juger et d'évaluer ce modeste effort.

Nous remercions fortement tous les enseignants du département de biologie : M^m Taleb .S, Mme Boukazoula , Mme Derwich, Mme Ben Hamlewi, M^{lle} Farhi .S, Mme dris.

Tous les responsables de laboratoire de biologie : Souad et Asma.

Tous les personnels de la bibliothèque de Biologie.

Tous les responsables de CERAD de Tébessa spécialement Monsieur Boulehbel.

Liste des figures

Liste des figures

N ° de figure	Titre de figure	page
01	Plants du blé.	16
02	Épi du blé.	16
03	Structure d'un épi et épillet du blé.	17
04	Les différents constituants du grain du blé.	18
05	Phylogénie du blé.	20
06	le cycle de développement du blé.	23
07	Principaux accidents climatiques au cours du développement du blé.	26
08	grain du blé dur.	27
09	Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration	33
10	Effet traitement sur l'humidité du grain.	53
11	Effet génotype sur l'humidité du grain.	54
12	Effet traitement sur la teneur des cendres du grain.	56
13	Effet génotype sur la teneur des cendres du grain.	57
14	Effet traitement sur la teneur d'azote du grain	58
15	Effet génotype sur la teneur d'azote du grain.	59
16	Effet génotype sur la teneur des protéines du grain.	60
17	Effet traitement sur la teneur des protéines du grain	
18	Effet traitement sur la teneur en amidon du grain	62
19	Effet génotype sur la teneur en amidon du grain.	63
20	Effet génotype sur la teneur de l'amylopectine du grain	64
21	Effet traitement sur la teneur de l'amylopectine du grain.	65
22	Effet génotype sur la teneur des lipides du grain	66
23	Effet traitement sur la teneur des lipides du grain.	67
24	Effet génotype sur la teneur d'acidité grasse du grain	68
25	Effet traitement sur la teneur de l'acidité grasse du grain.	69
26	Effet génotype sur la teneur de Fer dans le grain.	70
27	Effet traitement sur la teneur du fer dans le grain	71
28	Effet génotype sur la teneur du Zinc dans le grain.	73
29	Effet traitement sur la teneur du zinc dans le grain.	74
30	La courbe d'étalonnage de l'amidon	82
31	La courbe d'étalonnage de l'amylopectine	82

Liste des tableaux

Liste des tableaux

N ° de tableau	Titre de tableau	Page
I	l'évolution de l'aspect externe ou sur les modifications internes des organes producteurs du blé dur.	21
II	Valeurs nutritionnelles du blé dur	28
III	Eléments essentiels pour la vie des plantes et leurs fonctions.	31
IV	Teneurs limites en éléments traces métalliques dans les boues d'épuration selon l'arrêté du 8 janvier 1998	39
V	.Caractéristiques des variétés <i>Waha, Mohammed ben Bachir(Mbb)</i>	43
VI	Caractéristiques physico-chimiques de la boue utilisée en expérimentation.	45
VII	ANOVA de l'humidité	78
VIII	ANOVA de cendre	78
IX	ANOVA de l'azote	78
X	ANOVA des protéines	79
XI	ANOVA de l'amidon	79
XII	ANOVA de l'amylopectine	79
XIII	ANOVA de l'acidité grasse	79
XIV	ANOVA des lipides	80
XV	ANOVA du fer	80
XVI	ANOVA du Zinc	80
XVII	Les groupes obtenus selon le Test de TUKEY	81

Liste des symboles

Liste des abréviations

C org	carbone organique
Cd	cadmium
Cu	cuivre
ETM	élément trac métallique
Fe	fer
MBB	Mohammed ben Bachir
Mg	magnésium
MO	matière organique
MS	matière sèche
N	azote
NF	norme française
P	phosphore
Pb	plomb
Zn	zinc

Introduction

La production du blé dans le monde est aujourd'hui devenue un enjeu important pour nourrir l'humanité. [1] En Algérie, les céréales constituent l'alimentation de base de la population, elles couvrent environ 60% des terres cultivées. [2]

Le blé dur riche en éléments nutritifs très important pour la santé, il joue un rôle protecteur en santé humaine, vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires, de certains cancers, du diabète et de l'obésité. [3] Parmi les différents facteurs responsables de la qualité nutritionnelle, le taux de protéines, celles qui constituent le gluten aussi l'amidon, les lipides et les oligo-éléments etc., Précisément, au niveau de ces fractions, il est possible de distinguer une notion quantitative (teneur en protéines, amidon ..), d'avantages liés aux facteurs agro climatiques, et une notion qualitative [4]

L'amélioration de la qualité nutritionnelle du blé dur peut se voir par la recherche des nouvelles techniques plus efficaces, qui réagissent positivement aux taux de ces nutriments pour donner une meilleure valeur nutritionnelle ce qui nous a amené à rechercher de nouvelles techniques susceptibles d'être utilisées pour l'amélioration de la qualité nutritionnelle; c'est l'épandage des boues résiduaires. Les boues résiduaires au même titre que les eaux usées dont elles dérivent, peuvent être mises à profit dans les régions où la variation climatique du milieu associée par coût de production ne permet pas toujours d'utiliser les fertilisants chimiques pour pallier à la faiblesse des rendements qui sont en rapport avec la perte de fertilité des sols cultivés.

Plusieurs auteurs([26],[11]) ont montré que l'épandage de ce bio solide représente une alternative attrayante pour augmenter la production et la qualité nutritionnelle des aliments cultivés.

Cependant l'utilisation des boues résiduaires n'est pas sans danger car l'accumulation des métaux lourds qu'elle contient constitue un risque majeur pour la santé humaine, et pour l'écosystème [5]

L'objectif de ce travail, vise à donner des éléments d'approches sur l'effet de l'épandage d'une boue résiduaire sur la qualité nutritionnelle du blé dur comme aliment de base pour la population algérienne voir Magrébine aussi. Pour ce faire une expérimentation a été menée à la faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie. Le but de cet essai est d'évaluer les risques toxicologiques encourus par ce biosolide d'une part à travers la possibilité d'accumulation des métaux lourds (Zn, Fe) dans le grains du blé dur ;d'autre part cette investigation tend à mettre en relief l'effet de ces boues sur la qualité nutritionnelle

Introduction

blé dur(Humidité ,protéine, matière grasse, cendres , lipides et amidon...). Hormis l'introduction et la conclusion, le manuscrit, de ce travail, est organisé en quatre chapitres, Le premier, le deuxième chapitre consistent en une synthèse bibliographique, Dans le troisième chapitre, nous exposant le matériel et les méthodes mis en œuvre dans le cadre du travail expérimental. Les techniques sont détaillées, et les protocoles expérimentaux sont précisés. Les résultats et leurs discussions sont ensuite développés dans le quatrième chapitre.

I.1. Définition du blé dur

« Blé » est un terme qui désigne plusieurs céréales appartenant au genre *Triticum*. [1] Ce sont des plantes annuelles de la famille des Graminées ou Poacées, cultivées dans de très nombreux pays. Le terme blé désigne également le « grain » (caryopse) produit par ces plantes. [2]

Le blé dur (*Triticum turgidum* ssp. *durum*), surtout cultivé dans les régions chaudes et sèches (sud de l'Europe comme le sud de la France et de l'Italie). Le blé dur, très riche en gluten, est utilisé pour produire les semoules et les pâtes alimentaires. [1]

I.2. Les caractères morphologiques du blé.

Le blé se présente d'abord comme une plante herbacée, dont l'appareil végétatif est constitué de deux parties, l'une aérienne et l'autre racinaire et l'appareil reproducteur. [3]

I.2.1. Le système aérien

Est formé de la tige issue du caryopse et des talles partant du plateau de tallage ; La tige ou chaume est constituée d'entre-noeuds séparés par des noeuds ou zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-noeuds et servent comme point d'attache des feuilles. [3] Les feuilles sont alternées, comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine. [4]

L'appareil racinaire, chez le blé est formé de deux systèmes racinaires successifs, un système séminal dont les racines fonctionnent au cours du cycle de la plante. Les racines séminales sont au nombre de 6. [6] Ce système est secondé par le système racinaire adventif qui assure la nutrition de la plante pendant la période active. [7]

1.2.1.1. La tige et feuilles

La tige issue du caryopse et des talles partant du plateau de tallage. La tige ou chaume est constituée d'entre-noeuds séparés par des noeuds ou zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-noeuds et servent comme point d'attache des feuilles [7]. Les feuilles sont alternées, comportant chacune une portion supérieure et une portion inférieure correspondant respectivement au limbe et à la gaine. [7]



figure.1.Plants du blé. [8]

La tige ne commence vraiment à prendre son caractère de tige qu'au début de la phase végétative, elle s'allonge considérablement à la montaison, et porte 7 ou 8 feuilles rubanées, engainantes sur toute la longueur d'un entre noeud. Les feuilles ont des nervures parallèles et sont terminées en pointe. [7]

1.2.2. Le système racinaire

L'appareil racinaire du type fasciculé peu développé. 55% du poids total des racines se trouve entre 0 et 25 cm de profondeur, 17,5% entre 25 et 50 cm, 14,9% entre 50 et 75%, 12% au-delà. En terre très profond (sols de limon), les racines descendent jusqu'à 1,50 mètre. [7]

1.2.3. Le système reproducteur

les fleurs sont regroupées en inflorescence correspondant à l'épi dont l'unité morphologique de base est l'épillet constitué de grappe de fleurs enveloppées de leurs glumelles et incluses dans deux bractées appelées les glumes (inférieure et supérieure). [7]

1.2.3.1. L'épi

Il est aussi du bourgeon terminal du plateau de tallage. Lorsque le développement de la tige est terminé, l'épi apparaît enveloppé dans la dernière feuille, et après quelques jours on peut étudier sa structure en détail. C'est l'épiaison. [7]



figure2. Épi de blé. [9]

L'épi comporte une tige pleine ou rachis coudée et étranglée à intervalles réguliers et portant alternativement à droite et à gauche un épillet. [7]

1.2.3.2. L'épillet

Ne comportent pas de pédoncule il est attaché directement sur le rachis. Les épillets nombreux (jusqu'à vingt-cinq). [1]

Ils représentent Petits groupes de fleurs, inséré sur l'axe de l'épi. Il est protégé à sa base par deux glumes (bractées), les fleurs sont protégées par des glumelles et des glumellules. [1]
Après la fécondation, la fleur donne naissance à un fruit unique, le caryopse ou grain, qui comporte un embryon ou germe plaqué sur les réserves. [7]

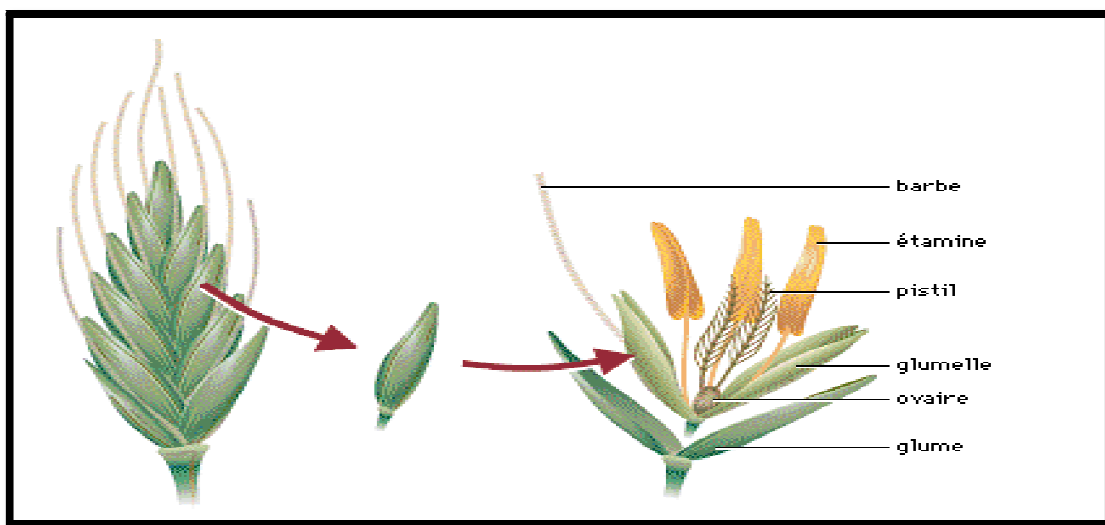


Figure 3. Structure d'un épi et épillet du blé. [10]

1.2.4. Le grain

Le grain de blé est un caryopse. C'est un fruit sec indéhiscant. Il est de couleur jaune-ambree à violacé selon l'espèce blé dur ou blé tendre et selon la variété. Il présente une partie plane (ventrale) et une partie dorsale légèrement bombée. La base élargie contient le germe et le sommet est garni de petits poils (la brosse). [7]

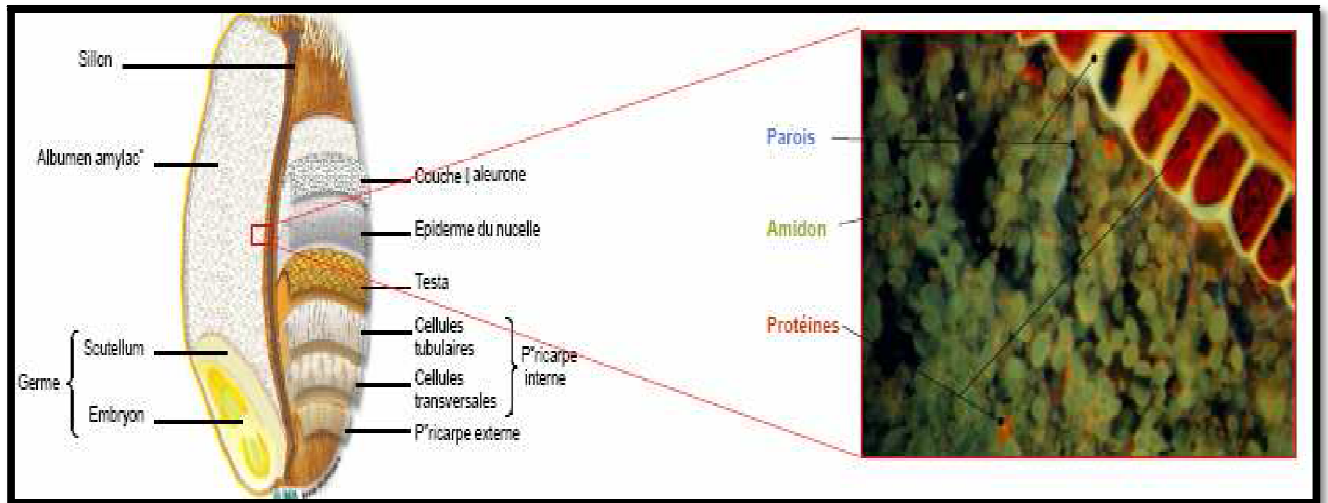


Figure 4. Les différents constituants du grain de blé. [11]

La partie ventrale est fendue par un sillon qui pénètre profondément dans le grain ; cependant la partie dorsale présente une arête plus ou moins prononcée. La coupe longitudinale révèle de l'extérieure vers l'intérieur les parties suivantes : les enveloppes, le germe et l'albumen ou amande (Figure4). [7]

I.3.La classification du blé dur.

Le blé dur est une plante annuelle, monocotylédone, appartenant à la famille des *Poaceae*.

[1]La classification du blé dur, selon Brouillet *et al.* (2006) [12] est la suivante :

Kingdom *Plantae*

Subkingdom *Tracheobionta*

Superdivision *Spermatophyta*

Division *Magnoliophyta*

Classe *Liliopsida*

Subclass *Commelinidae*

Ordere *Cyperales*

Famille *Poaceae*

Genre *Triticum L*

Espèce *durum* Desf. [13]

I.4. La phylogénie du blé dur

Génétiquement, le blé dur est allotétraploïde (deux génomes: AABB), comptant au total 28 chromosomes ($2n = 4x = 28$), contenant le complément diploïde complet des chromosomes de chacune des espèces souches. Comme telle, chaque paire de chromosomes du génome (A) a une paire de chromosomes homologues dans le génome (B), à laquelle elle est étroitement apparentée. [45] Toutefois, durant la méiose, l'appariement des chromosomes est limité aux chromosomes homologues par l'activité génétique de gènes inhibiteurs. [45]

Les analyses cytologiques et moléculaires laissent croire que les sous-espèces de *Triticum turgidum* seraient issues de l'hybridation naturelle de *Triticum monococcum* L.subsp. *boeoticum* (Boiss) (synonyme : *Triticum urartu* : AA, 14 chromosome) avec une espèce de blé diploïde inconnue contenant le génome (B). [46] Selon Kimber et Sears, (1987) une ou plusieurs des cinq espèces diploïdes de la section *Sitopsis* du genre *Triticum* pourraient avoir fourni le génome (B) aux blés polyploïdes. D'après l'analyse moléculaire, le génome de *Triticum speltoïdes* s'apparente plus au génome (B) du blé dur et du blé tendre. [47]

En outre, l'analyse de l'ADN des chloroplastes montre que *Triticum speltoïdes* est probablement le donneur maternel du blé dur. [48] Le résultat de cette hybridation naturelle est l'amidonnier sauvage (*Triticum turgidum* ssp. *dicocoides* (Korn.) (Thell)), qui a été domestiqué plus tard sous la forme du blé amidonnier (*Triticum turgidum* ssp. *dicocum* (Schrank) (Thell)), qui s'est répandu du Proche-Orient jusqu'aux grandes régions productrices de la Méditerranée et du Moyen- Orient, y compris en Égypte et en Éthiopie. [49]

Des milliers d'années de culture et de sélection ont abouti à la formidable variabilité de blé tétraploïde issu de l'amidonnier sauvage. Un certain nombre de sous-espèces ont donc été caractérisées, principalement d'après les caractères morphologiques [46] :

Triticum turgidum ssp. *paleocolchicum*, *Triticum turgidum* ssp. *polonicum*, *Triticum turgidum* ssp. *turanicum*, *Triticum turgidum* ssp. *carthlicum*, *Triticum turgidum* ssp. *turgidum* et *Triticum turgidum* ssp. *durum*. [46]

Parmi tous les blés tétraploïdes cultivés, *Triticum turgidum* ssp. *durum* est de loin le plus important [46] (Fig. 05)

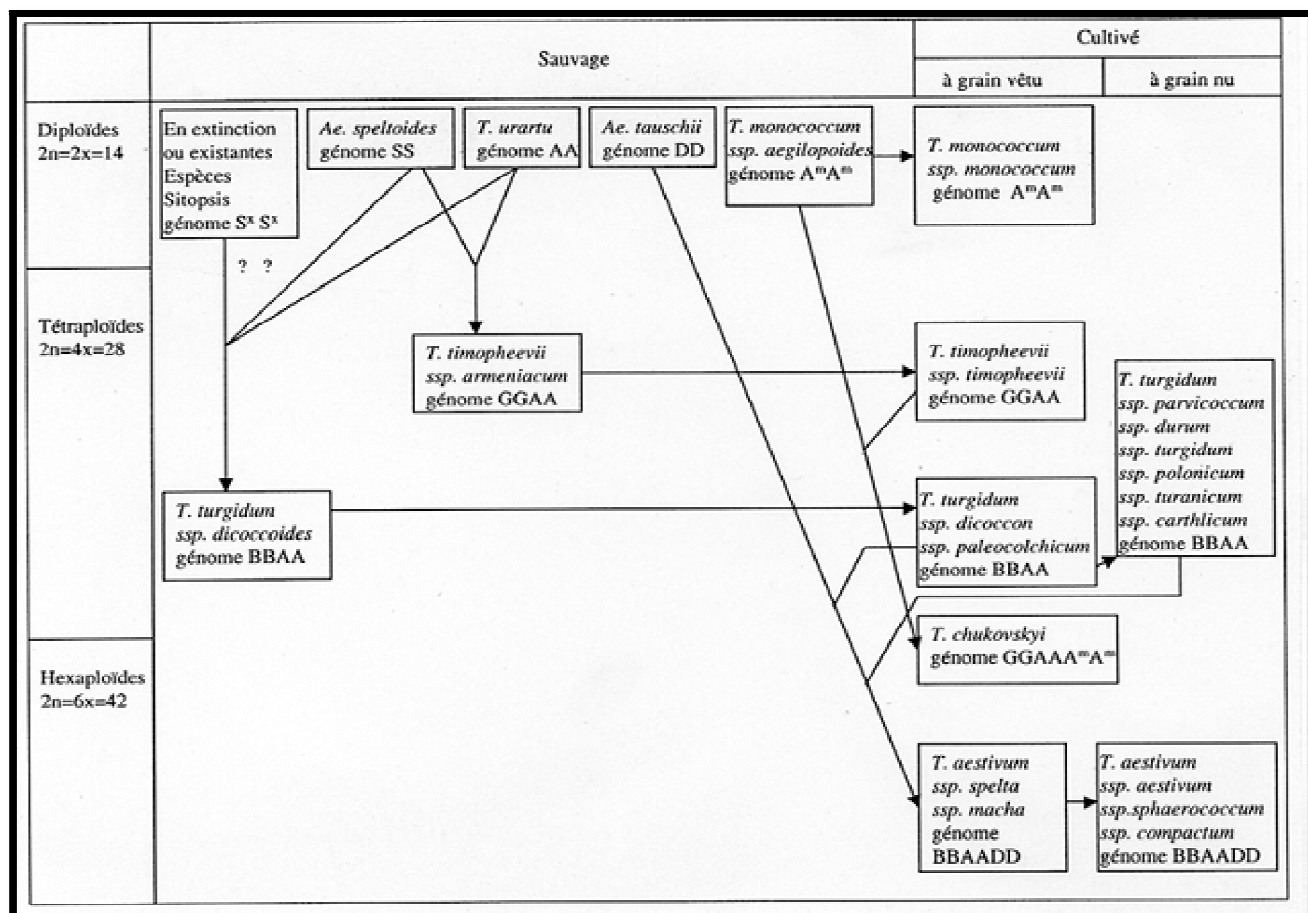


Figure. 05: Phylogénie du blé. [14]

I.5. Le cycle biologique du blé dur

Le cycle évolutif du blé s'élabore en trois phases: végétative, reproductrice et maturation (Tableau I.1 et Figure I.6). [15] Ces phases sont marquées par des stades repères dont l'identification se fait essentiellement par repérage sur le brin maître. Selon Soltner (2005) [16], différentes échelles de notation ont été développées, celle de Feekes (1954), Zadocks (1974) et Jonard (1952). [17] Elles sont basées sur l'évolution de l'aspect externe ou sur les modifications internes des organes producteurs (Tableau I.). [15]

Tableau. I. l'évolution de l'aspect externe ou sur les modifications internes des organes producteurs du blé dur. [15]

Stade	Echelle e Feekes	Echelle de Zadocks	Echelle de Jonard	Caractéristiques
Levée	1	10 11 12 13		-1ère feuille traverse la coléoptile -1ère feuille étalée -2ème feuille étalée -3ème feuille étalée
Début tallage	2	21(1 talle)	A	-Formation de la 1ère talle
Plein tallage	3			
Fin tallage	4	29		
Début montaison	5	30	B	Sommet de l'épi distant à 1cm du plateau de tallage
1 noeud	6	31	C1	1 noeud
2 noeuds	7	32	C2	2 noeuds, élongation de la tige
	8	37		Apparition de la dernière feuille
Gonflement:épi gonfle la gaine de la dernière feuille	9	39	D (méiose du pollen)	Ligule juste visible
	10			Gaine de la dernière feuille sortie
		40-49		

Epiaison			E	
	10-1	50 à 59		Gaine éclatée
	102			¼ épiaisons
	10-3			½ épiaisons
	10-4			½ épiaisons
	10-5			Tous les épis hors de la gaine
Floraison	10-5-1		60 à 69	F
	10-5-2	Demi-floraison		
	10-5-3	Floraison complète		
Formation Et Maturation Du grain	10-5-4			Formation du grain
	11-1	70à79	M0	Grain laiteux
	11-2	80à89		Grain pâteux
	11-3	90à94	M	Grain jaune
	11-4			Grain mur

Plusieurs auteurs ont décrit le cycle de développement du blé en le décomposant en deux périodes ; une période végétative, et une période reproductrice.

D'autres considèrent que la maturation constitue une troisième période. Les modifications morphologiques résultent à la fois de processus de croissance et de processus de développement. [13]

Ces deux processus sont complémentaires et indissociables. Ils aboutissent à la production de matière sèche résultant de la transformation de ressources du milieu par l'intermédiaire de capteurs aériens ; (Feuilles: surfaces photo synthétiques) et capteurs souterrains (racines: capteurs d'eau et d'éléments minéraux). [7]

La croissance consiste en une augmentation irréversible des dimensions et du poids des différents organes constitutifs de la plante. C'est une notion quantitative. [13]

Le développement consiste en l'apparition d'organes nouveaux ou le franchissement par la plante d'une étape différente mais complémentaire à la précédente. C'est une notion qualitative. [23]

Le Croissance et le développement sont mesurés selon plusieurs échelles dont celle de Feekes [7]. Une échelle permet la caractérisation des stades repères, elle repose sur la description de la morphologie du Brin maître. [20]

I.6 Les processus physiologiques relatifs aux différents stades phénologiques

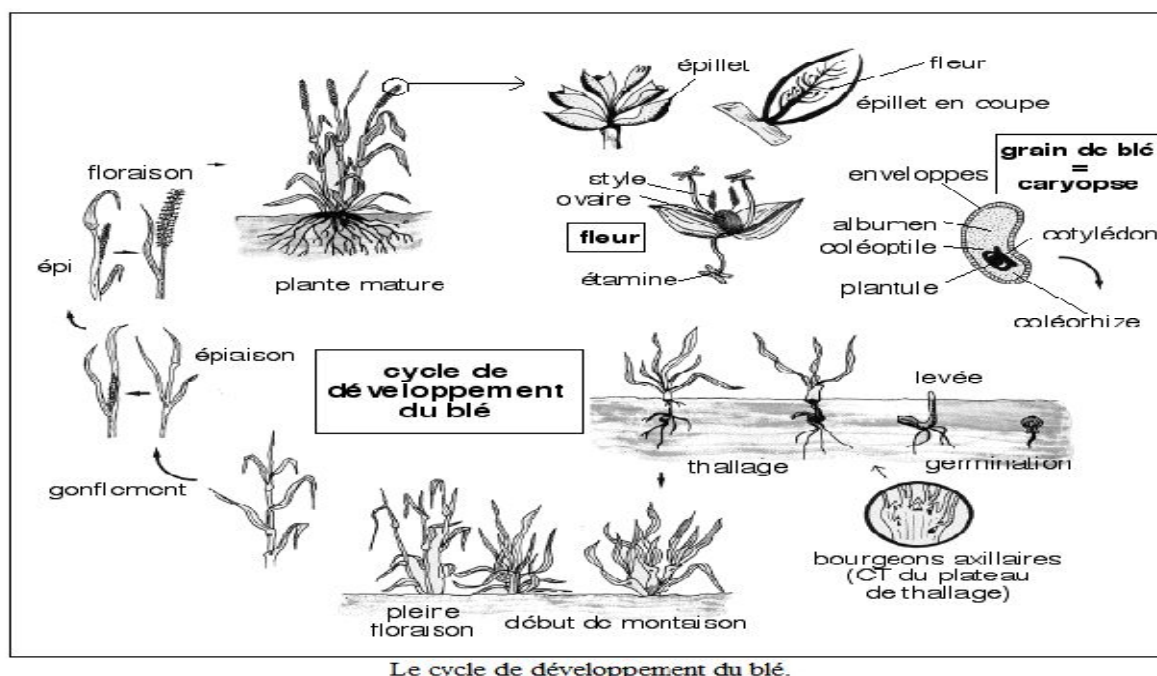


figure.6. le cycle de développement du blé. [18]

I.6.1. La phase germination - levée

La germination se caractérise par l'imbibition de la semence. La réactivation des enzymes et la dégradation des réserves assimilables par l'embryon. La radicule se dégage des enveloppes séminales, puis la mise en place du nombre de plants par mètre carrée. Le sol est alors percé par le coléoptile qui est un étui protecteur de la première feuille. (Figure 6). La levée est notée quand 50 % de plantules sont sorties de sol. [10]

Pendant cette phase, les jeunes plantes sont sensibles au manque d'eau. [21]

I.6.2. La phase tallage

Cette phase s'amorce à partir de la quatrième feuille. Le début du tallage est marqué par l'apparition à l'extrémité de la première feuille d'une talle latérale primaire puis d'autres talles naissent successivement à l'aisselle de la deuxième et la de la troisième feuille de la tige centrale, l'ensemble restant court noué, formant un plateau de tallage situé juste au niveau du sol. [10] (Figure 6)

Ces talles primaires peuvent ensuite émettre des talles secondaires, lesquelles à leur tour émettent des talles tertiaires. [22] Le fin tallage est celle de la fin de la période végétative, elle marque le début de la phase reproductive, conditionnée par la photopériode et la vernalisation qui autorisent l'élongation des entre-nœuds. [10]

I.6.3. La phase montaison – gonflement

Elle se manifeste, à partir du stade épi à 1 cm, par l'élongation du premier entre-nœud. Ce stade est repérable une fois l'ébauche de l'épi du brin-maître atteint 1 cm de hauteur à partir de la couronne ou plateau de tallage). [10] (Figure 6)

Ce stade est sensible aux basses températures variant entre +4 et 0 C°. Selon Baldy (1984) la montaison constitue la phase la plus critique du développement du blé. Tout stress hydrique ou thermique au cours de cette phase réduit le nombre d'épis montants par unité de surface. [10] Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle (stade gonflement). [10]

I.6.4. La phase épiaison- floraison

L'épiaison se détermine par l'apparition de l'épi hors de la gaine de la dernière feuille. Les épis dégainés fleurissent généralement entre 4 à 8 jours après l'épiaison. [24]

Les basses températures au cours de ce stade réduisent fortement la fertilité des épis. [25]

I.6.5 .La phase de maturation

Geslin et Jonard (1948) in Mazouz (2006) [26] mentionnent que cette phase se compose de trois étapes successives, il y a augmentation rapide du volume et du poids de grain en eau et en matière sèche. [10]

La première est une phase de multiplication des cellules du jeune grain encore vert, les assimilés proviennent de la photosynthèse de la feuille étendard et du transfert des hydrates de carbone non structuraux stockés dans le col de l'épi. La quantité d'eau contenue dans le grain tend à se stabiliser: c'est le pallier hydrique. [10] Les fortes températures au cours de cette période provoquent l'arrêt de la migration des réserves des feuilles et de la tige vers le grain: c'est l'échaudage du grain. Puis suit la phase de dessèchement du grain, qui perd de son humidité pour atteindre son poids sec final. [27] **(Figure 6)**

I.7. Les exigences du blé

Un bon comportement de la culture durant tout son cycle de développement exige la réunion de certains facteurs qui conduisent à l'observation d'un meilleur rendement et parmi les exigences on peut citer [28] :

1.7.1. Le sol

Les sols les plus favorables à la culture du blé dur sont :

- 1-les sols profonds (plus de 60cm de profondeur).
- 2-les sols suffisamment riches en matières organiques et minérales.
- 3-les sols bien drainés pour éviter tout développement de maladies. [29]
- 4-les sols capables de maintenir une réserve en eau suffisante pour assurer une bonne alimentation au moment de l'accumulation des réserves dans le grain [30].

1.7.2. La température :

Une température supérieure à 0° (zéro de végétation du blé dur) est exigée pour la germination des céréales. Cependant l'optimum se situe entre 20°C et 22°C. [29]

La température conditionne la nitrification et l'activité végétative du blé dur au cours du tallage et de la montaison. [29]

1.7.3. L'eau

Pour assurer un rendement intéressant, le blé dur a besoin d'une quantité importante d'eau [31]. Il faut environ 500 grammes d'eau pour élaborer 1 gramme de matière sèche de blé dur, un bref calcul montre que pour une récolte de 50 qx/ha. Il faut environ 4250 mètres cubes d'eau, soit une pluviométrie de 450 mm/an. [29]

I.7.4.L'éclairement

Selon Clement et Prats (1970), le blé est une plante de pleine lumière. Le tallage herbacé s'achève pour une valeur précise du photopériodisme valable suivant les variétés.

L'écartement des lignes aux semailles permet de placer le blé dans des conditions d'éclairement optimales, garantissant un bon tallage.

Soltner (1990), voit qu'une certaine durée d jour (photopériodisme) est nécessaire pour la réalisation du stade B précédant la montaison. Et Simon *et al.* (1989), n'ajoutent que le stade B dépendrait principalement de la durée du jour, il faut en effet que la durée de l'éclairement soit d'environ 12 heures pour que l'épi commence à monter dans la tige : c'est le photopériodisme d'autres part il convient d'éviter l'ombrage et les cultures trop denses qui vont favoriser l'apparition de maladies cryptogamiques. [29]

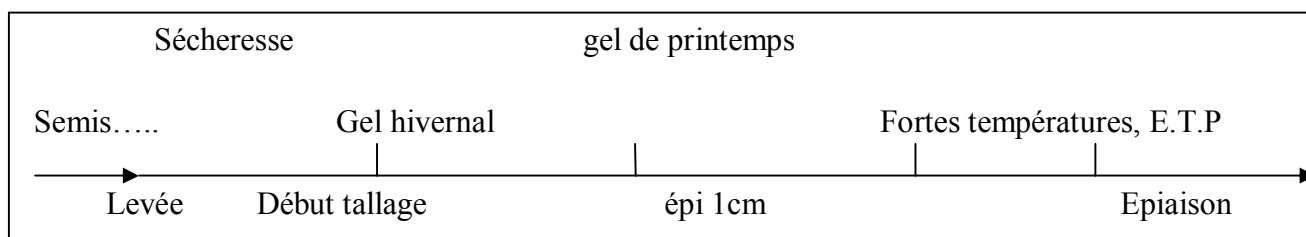


Figure 07. Principaux accidents climatiques au cours du développement du blé. [32]

I.8. L importance nutritionnelle de blé dur

Les grains de blé se composent principalement d'hydrates de carbones entre amidon et fibres (65-75 %), de protéines (7 à 14 % selon les variétés et les conditions de culture), des lipides (2-6 %), d'eau (12-14 %) et des micronutriments) [33] tels les minéraux (particulièrement magnésium), les vitamines du groupe B_[34] ; Le blé fournit des vitamines du groupe B : B1 (rôle dans la transformation des glucides, graisses et alcool en énergie); B2 (rôle dans la transformation des nutriments en énergie), B3 (rôle pour le maintien en bon état de la peau et du tube digestif) et B6 (rôle dans le fonctionnement des nerfs et dans la synthèse des globules rouges et anticorps) ;aussi il est riche en tocophérols. Les stérols qui ont un rôle de diminution du niveau de cholestérol dans le sérum sont aussi concentrés dans le germe de blé [35] ; plus des composés bioactifs: vitamine E, composants antioxydants (acides phénoliques, caroténoïdes) et des substances à activités hormonales (lignanes) [36]

Les composés qui ont une bonne valeur nutritionnelle sont présents en quantité appréciable dans le grain de blé et au niveau de quelques tissus particuliers. Certains de ces

composés (vitamines, acides phénoliques, lignanes, ...) jouent un rôle important au plan nutritionnel [37], et technologique conduisant à la production d'une gamme des produits comme le pain, les pâtes alimentaires, biscuits et autres. [34] Les produits ainsi fabriqués dépendent de la structure, des interactions entre les différents constituants du grain (protéines, amidon, ...), de leurs propriétés physico-chimiques et rhéologiques. [35]



figure.8. grain du blé dur [8]

Ces grains sont utilisés pour l'alimentation des animaux, pour la production de l'éthanol et ils constituent une matière première pour les produits cosmétiques. [38] Ces substrats représentent aussi un aliment idéal pour les régimes destinés au traitement thérapeutique [39]. En effet, le germe et le son de blé par exemple constituent une bonne source de fibres diététiques pour la prévention et le traitement de certains problèmes digestifs. [40] et les maladies de civilisation (le diabète, l'obésité, les maladies cardiovasculaires et le cancer...). [42]

Les teneurs en fibres, minéraux et vitamines sont environ 3 fois plus élevées dans les grains entiers, comparés aux grains raffinés. [35] Le son de blé a une faible valeur énergétique. Il est très riche en fibres, cellulose et hémicellulose. Sa consommation est recommandée en cas de constipation (1 à 2 cuillères à soupe par jour). [35] et ce en raison de leur richesse en composés phytochimiques et de par leurs activités antioxydantes. [38]

Les grains de blé fournissent divers minéraux, phosphore (composant de l'os), potassium (rôle dans la fonction musculaire, rythme cardiaque et dans la pression artérielle), fer (composant essentiel de l'hémoglobine) et magnésium (rôle dans la fonction musculaire et métabolique et adaptation au stress). [34]

Tableau. II. Valeurs nutritionnelles du blé dur [43]

	Pour 100 g de blé dur cuit	Pour 100 g de couscous cuit	Pour 100 g de farine blanche crue	Pour 100 g de farine complète crue
Énergie (Kcal)	155	169	343	343
Glucides (g)	30,4	35,7	69,3	67,2
Protéines (g)	5,1	3,8	12,8	11,7
Lipides (g)	0,7	0,8	0,8	1,3
Fibres (g)	2,6	1,4	3,9	6,4
Phosphore (mg)	116	113	106	190
Potassium (mg)	102	134	158	270
Fer (mg)	0,7	0,8	0,9	2
Magnésium (mg)	28	32	25	59
Vitamine B1 (mg)	0,05	0,15	0,15	0,34
Vitamine B2 (mg)	0,05	0,04	0,04	0,01
Vitamine PP (mg)	0,7	1,75	1,3	2,5
Vitamine B6 (mg)	0,05	0,14	0,07	0,13

Les graines de blé dur, contiennent généralement [44] :

- beaucoup de glucides, environ 70 % à 80 %, sous forme d'amidon ;
- des protéines (jusqu'à 15 % pour le blé dur) ;
- des lipides en faible proportion (moins de 5 %), provenant du germe
- des sels minéraux.

Les protéines du blé dur sont relativement pauvres en lysine, ce qui en fait leur acide aminé limitant. La farine contient très peu de matières grasses, celles-ci étant concentrées dans le germe, écarté lors de la mouture. La farine est relativement pauvre en vitamines (pas de vitamine A, de vitamine C, de vitamine B12), mais assez riche en minéraux, leur taux dépendant du taux d'extraction. On constate cependant que la biodisponibilité de ces minéraux varie en fonction de la teneur en son, lui-même riche en acide phytique. [44]

Il existe des facteurs anti-nutritionnels endogènes dans le blé dur, présents aussi en partie dans la farine: facteurs anti-trypsiques, inhibiteurs de l'alpha-amylase, lectines ou agglutinines (dans le germe et dans le gluten), pentosanes et acide phytique (plutôt présents dans le son). La plupart de ces substances sont éliminées par la mouture, par trempage, traitement thermique ou fermentation. [44]

La consommation de blé dur (grain entier, souvent appelé blé complet) joue un rôle protecteur en santé humaine, vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires, de certains cancers, du diabète et de l'obésité. L'effet serait lié à la teneur en acide phytique, en lignanes, et en d'autres composés, et n'est pas complètement explicité. Dans les années 1980 et 90 on mettait l'accent sur le rôle des fibres, particulièrement aux États-Unis, mais cette approche 'composant' est désormais délaissée, c'est l'ensemble du produit (ici le blé complet) qui présente des avantages pour la santé. Aux États-Unis une allégation nutritionnelle est autorisée liant consommation de grains complets et protection vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires et du cancer. [44]

Chapitre II. La fertilisation

II. La fertilisation

II.1. Définition de la fertilisation

Ensemble de techniques agricoles mettant en œuvre des matières fertilisantes.

La fertilisation est raisonnée sur le principe de la restitution au sol des quantités d'éléments (NPK) fertilisants prélevés par les récoltes. [128]

L'objectif de la fertilisation est de satisfaire les besoins nutritionnels des plantes en complétant l'offre du sol en éléments minéraux dans des conditions économiquement rentables [29]

II.2. Les éléments essentiels pour la vie des plantes

Tableau III. Eléments essentiels pour la vie des plantes et leurs fonctions [108]

Eléments	forme d'adsorption	formations principales
Azote	NO_3^- / NH_4^+	construction du composé principal des cellules, des protéines de la chlorophylle
Phosphore	H_2PO_4^- / HPO_4^{-2}	construction des gènes, rôle central dans le transfert d'énergie dans la plante
Potassium	K^+	Aide dans la régulation osmotique, important pour des plusieurs fonctions enzymatiques et dans le métabolisme de protéine
Calcium	Ca^{+2}	Implique dans la division cellulaire et joue un rôle majeur dans le maintien de l'intégrité de la membrane
Magnésium	Mg^{+2}	Constituant de la chlorophylle et facteur dans plusieurs réactions enzymatiques
Soufre	SO_4^{-2}	Constituant de protéine, des aminoacides, des vitamines, nécessaire pour la production des plantes.
Fer	Fe^{2+}	Constituant de plusieurs enzymes comme le cytochrome, implique dans la fixation d'azote et la photosynthèse
Zinc	Zn^{+2}	Nécessaire pour le fonctionnement correct de plusieurs systèmes enzymatiques

Chapitre II. La fertilisation

II.3. Les types d'engrais

Les engrais peuvent être de trois types: organiques, minéraux et organo-minéraux. [57]

II.3.1. Engrais organiques

Les engrais organiques sont généralement d'origine animale ou végétale. Ils peuvent aussi être synthétisés, comme l'urée. [55]

Les premiers sont typiquement des déchets industriels, tels que des déchets d'abattoirs, boues d'épuration des eaux. [56] Ils sont intéressants pour leur apport en azote à décomposition relativement lente, et pour leur action favorisant la multiplication rapide de la microflore du sol, mais n'enrichissent guère le sol en humus stable. [55]

Les seconds peuvent être des déchets végétaux: résidus verts, compostés ou pas, et ils peuvent être constitués aussi de plantes cultivées spécialement comme engrais vert, ou préparées dans ce but, comme le purin d'ortie, ou les algues. [57]

II.3.2. Engrais minéraux :

Les engrais minéraux sont des substances d'origine minérale, produites par l'industrie chimique, ou par l'exploitation de gisements naturels de phosphate et de potasse. [55]

L'industrie chimique intervient surtout dans la production des engrais azotés, passant par la synthèse de l'ammoniac à partir de l'azote de l'air, moyennant un apport important d'énergie, fournie par le gaz naturel, principalement le méthane (cette synthèse produit également l'hydrogène). De l'ammoniac sont dérivés l'urée et le nitrate.

Elle intervient également dans la fabrication des engrais complexes, qui sont constitués de sels résultant de la réaction d'une base avec un acide. [56] Les engrais composés peuvent être de simples mélanges, parfois réalisés par les distributeurs, coopératives ou négociants. On appelle ces mélanges du bulkblending. [57]

II.3.3. Engrais organo-minéraux :

Les engrais organo-minéraux résultent du mélange d'engrais minéraux et d'engrais organiques. [56] Les matières organiques azotées représentent généralement 25 à 50 % des produits finis. Les autres constituants du fertilisant, sels simples et minéraux, apportant N.

P. K. sous des formes appropriées, sont dilués dans les matières organiques. [57]

11.4. Les boues résiduelles

Les boues sont définies comme «un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent» [55].

Chapitre II. La fertilisation

Les boues d'épuration sont les sédiments résiduaux issus du traitement des eaux usées ; les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire. [55]

II.4.1. Origine des boues

Généralement, le traitement des eaux usées au sein d'une station d'épuration comporte quatre étapes successives (Figure 9). [48]

1- Les prétraitements des eaux usées : Ils consistent à éliminer les éléments grossiers (dégrillage), à enlever le sable (dessablage) ainsi que les graisses (dégraisage). [48]

2- La décantation primaire : Elle permet la capture des éléments en suspension.

3- La digestion aérobie ou traitement biologique : réduction de la charge en matière organique de l'eau usée par des micro-organismes regroupés en « flocs » et production de boues dites « activées ». Cette phase nécessite une aération conséquente. [48]

4- La clarification : elle permet la séparation du « floc » bactérien de la phase aqueuse. [48]

L'eau traitée est alors rejetée dans le milieu naturel, tandis que les boues résiduelles sont collectées puis traitées en vue de leur valorisation ou de leur élimination [48]

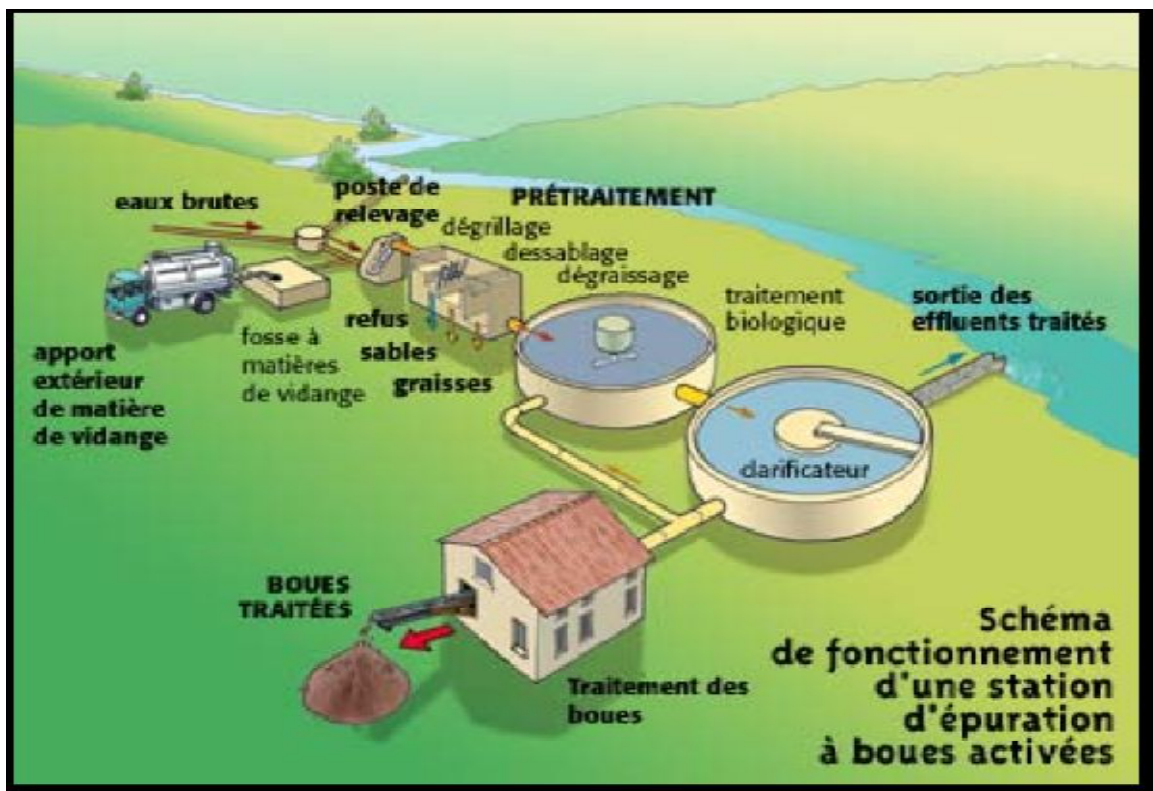


Figure 9. Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration (source ADEME)

Chapitre II. La fertilisation

Les boues produites par les stations d'épuration sont essentiellement des particules solides non retenues par les prétraitements et les procédés de traitement de l'eau (dégradation et séparation des polluants de l'eau) [48]. Les boues se composent de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de micro-organismes et d'eau (environ 99%). [49]

II.4.2. Traitements des boues

Les boues résiduaires se présentent sous une forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation «quelle que soit la destination », parmi lesquels leur transport et leur stockage qui conduisent souvent à des problèmes de manipulation et des nuisances olfactives. [86]

Généralement, trois grands types de traitement sont à distinguer :

****La stabilisation pour empêcher ou réduire les problèmes de fermentation et d'éviter ainsi les nuisances olfactives.** Cette opération peut être biologique par voie aérobie (compostage) ou anaérobie (méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements) (Office International de l'Eau, 2001). La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues. [87]

****La déshydratation est la concentration des boues qui a pour objectif de réduire leur volume (plus de 97 % d'eau) par épaissement et/ou par déshydratation pour faciliter par la suite leur transport et leur stockage.** Un conditionnement est souvent utilisé en amont pour favoriser la séparation liquide-solide à l'aide de flocculants organiques de synthèse ou minéraux, et autoclavage. Selon la puissance du procédé de séchage utilisé, épaissement, déshydratation ou séchage thermique, on obtient des boues à différents pourcentages de siccité : boues liquides (4 à 10 %), boues pâteuses (10 à 25 %), boues solides (25 à 50 %) et boues granulées ou en poudre pour une siccité supérieure à 85 %. [87]

****Les traitements d'hygiénisation visent à éliminer la charge en microorganismes pathogènes.** [87]

Chapitre II. La fertilisation

II.4.3. Les voies d'élimination des boues

- La mise en décharge

La mise en décharge contrôlée consiste en un enfouissement des boues (souvent mélangées avec les ordures ménagères) en tenant compte de certaines conditions : compactage des résidus, site étanche, récupération et traitement des jus de décharges (lixiviats), équipement et gestion du site. [88] Les boues doivent être préalablement stabilisées et déshydratées (humidité maximale de 70%). Cette solution a perdu progressivement de son intérêt et se retrouve actuellement interdite pour des raisons financières (procédure de fermeture ...) et pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustiques, entraînement d'éléments fertilisants (nitrates, phosphates) et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eaux souterraines [89]. Les décharges ne doivent plus accepter que des déchets qui ne peuvent plus être raisonnablement valorisés ou à caractère non dépolluables ou dangereux appelés aussi déchets ultimes. La directive européenne du 26 avril 1999 impose une diminution d'au moins 65 % de la quantité de déchets organiques mis en décharge d'ici 2015. [89]

-L'incinération

Elle réalise la destruction de la matière organique des déchets par combustion à haute température (+ de 500°C) produisant des fumées et des matières minérales résiduelles nommées cendres. Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui même, pour le chauffage urbain ou industriel.[90] Les résidus de l'incinération (mâchefer) sont utilisables pour les travaux publics.[91] En France, 14 à 16 % des boues urbaines sont incinérés. En Europe, le pourcentage varie de 0 à 55 % selon les pays. Cependant, malgré l'intérêt de ce procédé pour une réduction importante des volumes de déchets, il présente des contraintes principalement liées à un investissement très coûteux. Les boues seules ne sont pas autocombustibles, elles nécessitent des fours spéciaux et un mélange avec d'autres déchets tels les déchets ménagers. Cette technique reste aussi néfaste du point de vue écologique et environnemental puisqu'elle contribue en plus du gaspillage de matières organiques utiles pour le sol à la diffusion de gaz très toxiques (NO, NO₂, CO, SO, dioxine etc.) [89] qui ont fait l'objet de réglementations spécifiques. En 1995, l'incinération des déchets était à l'origine de 45 % de la dioxine produite et rejetée dans l'air en France. [90]

Chapitre II. La fertilisation

- Le compostage

Le compostage est un processus de décomposition et de transformation « contrôlées » de déchets organiques sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie. [92] Des communautés différentes de micro-organismes se succèdent lors du compostage, elles sont constituées majoritairement de Bactéries, d'Actinomycètes, de Champignons (ou Mycètes), de Protozoaires ou d'Algues [92]. Elles sont déjà présentes dans tous les substrats destinés à être compostés : le processus de compostage démarre donc généralement tout seul. Il reproduit en accéléré les étapes de transformation des résidus végétaux en humus dans un sol : composter correspond donc essentiellement à la production finale des substances humiques stables et à un recyclage d'une matière organique dont le trajet naturel a été modifié. [93] Biochimiquement, le compostage est un processus continu au cours duquel différentes réactions se produisent parallèlement et consécutivement. Dans les phases biologiques, différentes enzymes permettent la biodégradation de macromolécules facilement décomposables par des réactions de coupures et d'oxydations. Les phases finales font surtout appel à des phénomènes de polymérisation et de polycondensation des molécules néoformées [94], par conséquent, on obtient un produit mature riche en substances humiques très polymérisées sans risque de générer une fermentation accidentelle une fois dans le sol. Grâce à ses caractéristiques chimiques, le compost peut assurer en même temps la fertilité et l'équilibre du sol. Il combat efficacement l'érosion et le lessivage des éléments fertilisants en reconstituant la structure de la terre grâce à sa composition en humus qui lui confère à la fois la fonction d'amendement organique et d'engrais minéral [93]. Son apport au sol régule l'humidité et l'alimentation en substances nutritives de la plante [94].

- L'utilisation agricole des boues

Le choix de cette filière comme moyen d'élimination de ces résidus est dicté par trois raisons principales :

* le premier point concerne leur valeur fertilisante. Il est ainsi admis que les apports de boues permettent de couvrir, en partie ou totalement selon les doses appliquées, les besoins des cultures en azote et en phosphore et éventuellement en magnésium, en calcium et en soufre, ou bien de corriger rapidement des carences en d'autres éléments (Zn, Mg,...). En revanche, les quantités de potassium trouvées dans les boues sont très faibles et ne contribuent que de façon minime aux besoins des cultures [94].

Chapitre II. La fertilisation

Le taux d'utilisation du phosphore des boues comparé à celui des phosphates solubles est de l'ordre de 60 à 80% dès la première année de l'épandage. Alors que pour l'azote, le taux d'utilisation dépendra assez fortement des modes d'obtention des boues qui conditionnent les différentes formes d'azote. D'une façon générale, la forme ammoniacale est totalement disponible dès la première année, alors que le taux d'utilisation des formes organiques varie de 15 à 50%. [95]

Les travaux réalisés sur les boues du lagunage et les boues activées ont montré que leur valeur fertilisante en éléments azote et phosphore est comparable à celle des engrais minéraux (le supertriple et l'ammonitrate) [96]

L'apport des boues sur les sols culturaux entraîne une augmentation des rendements de culture [95] et améliore la capacité nutritive des plantes en éléments azote, calcium et magnésium [94]

* le second aspect invoqué à un moindre degré pour la valorisation des boues en agriculture est l'apport de composés organiques qui contribuent au maintien du stock humique et à l'activation de la vie biologique dans les sols. Dans des études concernant les effets à long terme des boues sur les propriétés physiques et physico-chimiques des sols, plusieurs auteurs ont montré que les apports répétés se traduisent par une augmentation significative de la teneur en carbone des sols [97]. Cette augmentation a pour conséquence directe une modification des propriétés qui dépendent directement de cette grandeur (capacité d'échange cationique, densité apparente, teneur en eau à la capacité au champ) [97]

* le troisième intérêt concerne l'aspect socio-économique. La valorisation agricole constitue un moyen d'élimination des boues relativement économique, et qui est généralement bien accepté par des organismes de gestion des déchets, car elle révèle d'une logique de recyclage de la matière et d'exploitation de leur pouvoir fertilisant. Par ailleurs, l'élimination des déchets par leur épandage sur les sols agricoles peut se heurter à plusieurs contraintes. En effet, l'épuration des eaux usées repose sur l'élimination des micropolluants organiques, minéraux et des germes pathogènes (bactéries, virus,). Dans les ouvrages de traitements des eaux usées, ces polluants se concentrent au niveau des sédiments qui constituent les boues résiduelles. La présence de ces micropolluants à certaines concentrations peut restreindre la valeur agronomique de ces boues. [94]

Chapitre II. La fertilisation

II.5. La composition des boues résiduaires

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration [97]. Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (Matière organique, éléments fertilisants N et P, d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes). [98]

II. 5.1. La matière organique

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des protéines et des acides aminés (jusqu'à 33 % de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologiques (digestion, stabilisation) [97].

II.5. 2. Les éléments fertilisants et amendements

Les boues urbaines contiennent trois nutriments essentiels pour la croissance des plantes: l'azote, le phosphore et le potassium. Les concentrations typiques dans les boues sont plus faibles que celles d'un fertilisant commercial. Un nutriment peut être présent dans les boues sous distinctes formes chimiques. L'azote est sous forme d'azote organique, ammoniacal ou nitrates et le phosphore sous forme de phosphates ou ortho phosphates. Selon la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésium, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger des carences à l'exception de celle en potassium [100]. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux. [101]

II.5. 3. Les contaminants chimiques inorganiques et organiques

La concentration des métaux dans les boues dépend du type de l'eau résiduaire qui est traitée. Le cadmium, le chrome, le cuivre, le plomb, le nickel, le mercure, l'argent et le zinc peuvent être présents. [101]

Les teneurs des métaux dans les boues montrent toujours un niveau plus élevé que celui des eaux usées entrant dans l'unité d'épuration.

Chapitre II. La fertilisation

Ainsi, pour préserver les teneurs naturelles du sol en ETM (Eléments traces métalliques) lors de l'utilisation de boues en agriculture, des réglementations ont été mises en place (Tableau I) car, incorporés au sol, les ETM contenus dans les boues peuvent être absorbés par les plantes et s'incorporer ainsi dans la chaîne alimentaire ou bien migrer vers les nappes d'eau souterraines [102]

Ces mêmes éléments traces métalliques (le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses. [101] D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels [103] Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. [104]

Des apports répétés de boues par épandage pourrait, à long terme, provoquer dans les sols des accumulations incompatibles avec la qualité des cultures [105]

Tableau IV. Teneurs limites en éléments traces métalliques dans les boues d'épuration selon l'arrêté du 8 janvier 1998 [106]

Eléments traces	Valeur limite dans les boues (mg/kg MS)	Flux maximum cumulé en 10ans (g/m ²)	Valeur limite dans le sol (mg/kg MS)	Flux maximum (g/ha/an)
Cadmium	20*	0.03**	2	15
Chrome	1000	1.5	150	1200
Cuivre	1000	1.5	100	1200
Mercuré	10	0.015	1	12
Nickel	200	0.3	50	300
Plomb	800	1.5	100	900
Zinc	3000	4.5	300	3000
Chrome+Cuivre+Nickel+Zinc	4000	6	-	4000

Chapitre II. La fertilisation

(*) 15 mg/kg MS (matière sèche) à compter du 1er janvier 2001 et 10 mg/kg MS à compter du 1er janvier 2004

(**) 0,015 g/m² à compter du 1er janvier 2001.

II.5.4. Les composés traces organiques

Il s'agit de composés organiques généralement présents en faible quantité dans les déchets (de l'ordre du µg/l). Il peut toutefois s'agir de composés à risque pour l'environnement et/ou inhibiteurs de l'activité bactérienne de fermentation. [107]

De manière générale, les composés traces organiques ne sont pas solubles dans l'eau, ont une grande affinité pour les matières organiques des boues et des sols et sont peu biodégradables. [108]

II.5.5. Les micro-organismes pathogènes

Les boues résiduaires concentrent une grande quantité de microorganismes (virus, bactéries et parasites). Ils sont éliminés de l'eau avec les boues qui décantent. Une proportion de ceux-ci est pathogène et dangereuse. La concentration de pathogènes peut être réduite significativement par les procédés de traitement des boues, comme la digestion anaérobie, aérobie et le compostage. [105]

II.6.L'utilisation des engrais et du fumier en Algérie

L'Algérie, malgré ses richesses, ses potentialités et ses capacités, utilise peu d'engrais comparativement au Maroc .L'utilisation semble se stabiliser autour de 45 unités d'éléments nutritifs/ha, mais reste en deçà des normes d'intensification des cultures et d'amélioration de la productivité. Au long des années, ce manque n'est expliqué que par la pluviosité, certes un facteur prépondérant, mais mal mise à profit par la faiblesse d'utilisation des engrais, paramètre essentiel de productivité et de qualité. [66]

Le fumier est très recherché en Algérie compte tenu du besoin important mais aussi des techniques d'élevage, qui ne permettent pas souvent une production importante de fumier.

Dans toutes les régions montagneuses de l'Algérie, particulièrement le nord-est du pays, une grande partie du cheptel bovin est quasi en permanence dans les maquis et au niveau des forêts, où l'accumulation et/ou la récupération du fumier est pratiquement très faible. [70]

Par ailleurs, une grande partie du cheptel, surtout ovin et caprin, passe la nuit dans des enclos temporaires (zriba) [69] où la récupération du fumier est très rare, voir parfois impossible. Enfin, il ne faut pas oublier qu'une grande partie du cheptel ovin, caprin et surtout camelin

Chapitre II. La fertilisation

est soumise à des transhumances annuelles, ce qui rend aléatoire voire impossible la récupération du fumier L'ASMIDAL arrive largement à satisfaire les besoins de l'agriculture algérienne et à occuper une place importante en matière d'exportation. [66]

Chapitre .III. Matériels et méthodes

III.1 Origine du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans notre essai (qui consiste à la mise en relief de l'effet boues et urée sur la qualité notionnelle du blé) se compose d'une mouture de grains de blé dur (*Triticum durum Desf.*) appartenant à deux variétés *Waha et Mohamed Ben Bachir (MBB)*. Cette mouture est obtenue par passage des grains de blé dans une moulinette ; Concernant le grain utilisé, ce dernier est obtenu d'un essai effectué en 2010 au département de biologie à l'Université de Sétif. L'objectif de l'essai en cette année 2010, était de mettre en relief l'effet comparatif des boues résiduelles et une fumure minérale sur les paramètres de fertilité du sol et sur la production des deux variétés du blé citées (*Waha et MBB*).

*Caractéristiques des deux variétés Waha, Mohammed ben Bachir(MBB)

En Algérie il y'a 12 variétés de blé dur en production depuis leur sélection bien avant 1961 jusqu'à nos jours (Hazmouni et al ,1999), tel que : *Waha et Mohammed ben Bachir*.

Tableau .V. caractéristiques des variétés Waha, Mohammed ben Bachir(MBB) [109]

Caractéristiques	Waha	MBB
1/Morphologique : •compacité de l'épi •couleur de l'épie •hauteur de la plante à la maturité	•Demi-lâche à compact •clair ambré à roux •80-90 cm	•compacte •Roux •120cm
2/culturales • l'alternativité • cycle végétative • tallage • résistance	• hiver • précoce • moyen à fort • au froid : tolérante • a la verse : résistante • a la sécheresse : sensible	• automne • moyen • tardif • au froid : résistante • a la verse : sensible • a la sécheresse : tolérant
3/condition technique • date de semis • dose de semis (Kg/ha) • fertilisation	Novembre –décembre • 100-120 kg/ha • azotée : 46-90 • phosphatée : 46-90 • potassique	• mi-october au mi-november • 120kg/ha • azoté :46 • phosphatée : 46 • potassique: 46

Chapitre .III. Matériels et méthodes

4/la productivité <ul style="list-style-type: none"> • rendement en grain optimal 	45 qx/ha	20 qx/ha
5/ qualitative <ul style="list-style-type: none"> • poids de mille grains • qualité 	<ul style="list-style-type: none"> • Moyen • assez bonne • résistante 	<ul style="list-style-type: none"> • Moyen • bonne • résistante
6/résistance aux maladies <ul style="list-style-type: none"> • rouille jaune • rouille brune • rouille noire • piétin verse • piétin échaudage • oïdium • septoriose • fusariose 	<ul style="list-style-type: none"> • Tolérante • Tolérante • Tolérante • résistante • sensible • résistante • moyennement résistante • moyennement résistante 	<ul style="list-style-type: none"> • Tolérante • sensible • sensible • sensible • Tolérante • Tolérante • assez sensible • assez sensible

III.2.La réalisation de l'expérimentation

L'expérimentation faite en 2010 consistait à un épandage de trois doses de boues (B1=120gde MS de boue /pot, B2=300gde MS de boue/pot, B3=600 de Ms de boue / pot) sur un sol contenu dans des pots en plastique, pour comparer l'effet des boues comme bio-fumures organique, un quatrième niveau de traitement a été rajouté et qui consiste à un fertilisant minérale (L'Urée à une dose de 0.82gN / pot) ; enfin le témoin T sans fertilisation qui représente le cinquième niveau.

La boue résiduaire utilisé est une boue urbaine activée qui à pour origine la station d'épuration d'Ain Sfiha, Sétif cette région est située aux nord –est de l'Algérie.

Tableau. VI. Caractéristiques physico-chimiques de la boue utilisée en expérimentation.^[110]

Éléments	Boue
C org(%)	28.7
MO(%)	49.36
N total (%)	7.98
P total(%)	5,7
P ass (µg/g sol)	17.44
pH	7.88
CE dS/cm	1.38
NO ₃ - (mg/kg)	42.38
Fe (ppm)	6.6
Zn (ppm)	21.18
Cu(ppm)	12.54
Mn (ppm)	26.60
Cd (ppm)	Nd
Pb(ppm)	2,8

C org :Carbone organique(%), MO : matière organique (%) ,Pass :phosphore assimilable (µg/g), NO₃- : Nitrates (%), Fe : Fer (ppm), Zn : zinc(ppm), Cu : Cuivre (ppm),Mn :Manganèse (ppm),Cd : Cadmium(ppm) , Pb : Plomb (ppm) :Nd :non détectable

III.3. Protocole expérimental.

Pour la détermination des cendres, l'humidité du grain, l'amidon, l'amylopectine, l'acidité grasse et les lipides ; toutes les analyses ont réalisées dans le laboratoire de contrôle de la qualité alimentaire situé dans la faculté des sciences exactes et sciences de la nature, à Université 1 Arbi El Tébessi -Tébessa.

Pour le dosage des métaux lourds (ETM) et l'azote total, cette partie d'étude a été réalisée dans les laboratoires agro-alimentaires du centre de recherche et d'application pour le développement (*CERAD*) situé dans la zone industrielle de Tébessa.

III.3.1. Détermination de l'humidité [111]

On entend conventionnellement par la teneur en eau, la perte de masse exprimée en pourcentage subie par le produit. Elle est déterminée après séchage de 5g de grain broyés, à une température 37°C pendant 24h.

***Expression des résultats :** Selon la formule

$$H (\%) = [(M_1 - M_2) / (M_1 - M_0)] \times 100.$$

Avec,

H. Teneur en eau.

M1. La masse de la prise d'essais + la vase métallique (avant séchage).

M0. La masse de la vase métallique (capsule).

M2. La masse de la prise d'essai + la vase métallique (après séchage).

III.3.2. La teneur en cendre total [112]

La mesure du taux des cendres dans le produit végétale est faite par l'incinération d'une prise de 5 g de la farine du blé dur à 900°C dans le four à moufle pendant 1h et 30 min, après le refroidissement on exprime ce taux en partie pour 100.

***Expression des résultats:** Selon la norme NF V03 – 720.

$$C (\%) = [(M_2 - M_1) / (M_1 - M_0)] \times 100 / 100 - H.$$

Avec,

C (%) : Teneur en cendre.

M0. Masse en gramme de la nacelle vide.

M1. Masse de la nacelle vide + prise d'essais (avant séchage).

M2. Masse de la nacelle et prise d'essais (après séchage). **H.** L'humidité ou teneur en eau.

III.3.3. Dosage des protéines ^[113]

Ce critère influe fortement la qualité du blé dur compte tenu de ses relations étroites avec le taux de grains mitadinés et avec la qualité culinaire, premièrement le calcul de la teneur de l'azote l'aide de la méthode classique de Kjeldhal.

***Dosage de l'azote total par la méthode Kjeldhal**

Cette méthode est basé sur trois étapes ; la minéralisation sulfurique, Distillation de l'ammoniac et la titration.

***La minéralisation sulfurique**

On introduit dans le matras 01 g de la farine de blé à analyser plus 02 g de deux catalyseurs (K₂SO₄et CuSO₄), 20 ml d'acide sulfurique concentré et 10 ml d'eau distillée. On place le matras incliné dans le minéralisateur pour protéines, pendant une demi-heure.

***Distillation de l'ammoniac**

On verse dans le matras refroidi contenant la solution obtenue, 20 ml d'eau distillée, quelques billes de verre, 80 ml de la solution d'hydroxyde de sodium à 33%. On met-le tout dans le distillateur Kjeldahl pour la distillation de l'ammoniac

***La titration.**

On titre rapidement l'azote ammoniacal additionné de quelques gouttes de rouge de méthyle, par l'acide sulfurique N/20 (H₂SO₄) à l'aide d'un pH-mètre jusqu'à retrouver le pH initial de l'acide borique. La coloration passe du rouge au jaune.

Chapitre .III. Matériels et méthodes

On déduit la quantité d'azote présente dans l'échantillon du volume d'acide sulfurique versé pour neutraliser la solution d'ammoniaque.

$$N = [(n \times 0,0014) \times 100 / P] \times 100 / 100 - H$$

Avec,

n : ml d'acide sulfurique N/10 utilisé pour neutraliser l'ammoniaque en solution.

P : prise de l'échantillon en (g).

H : teneur en eau de l'échantillon.

Et pour obtenir la teneur en protéines, la valeur trouvée est multipliée par un coefficient de conversion K. Les résultats sont exprimés en pourcentage par rapport à la matière sèche.

$$\text{PROTS} = N \times 5,7 (\% \text{ MS})$$

N. teneur en azote g/100g MH

Et,
$$\text{PROTS} = [(N \times 5.7) / (100 - H)] \times 100 (\% \text{ MS})$$

Avec :

5.7= Le facteur de conversion. H= La teneur en eau de l'échantillon.

III.3.4. Le dosage de l'amidon et l'Amylopectine ^[114]

Cette méthode est basée selon ces étapes ;

* La courbe d'étalonnage de l'amidon standard

dispenser 1g d'amidon dans 20ml d'eau distillée, y ajouter 80 ml d'eau distillée bouillante avec l'agitation pendant 5 min sur plaque chauffante ,refroidir le mélange et compléter à un volume égale à100ml.

* Préparation de l'échantillon à analyser

Pour chaque niveau de traitement on a prélevé 1g de la farine de blé dur au quelle on y ajoute 5ml de KOH, après homogénéisation du mélange et le neutralisation avec 5ml de l'HCl, (tester la neutralisation à l'aide d'un papier PH), on pratique un chauffage du mélange pendant 15min au bain-marie, on réajuste le volume à 10 ml avec de l'eau distillée, puis on passe le contenu des tubes pour une centrifugation. On prélève le surnageant après filtration on établie le dosage de l'amidon par une lecture à une longueur d'onde 580nm et amylopectine à 720nm pour arriver à la courbe d'étalonnage.

Chapitre .III. Matériels et méthodes

* Le dosage de l'amidon et amylopectine dans le matériel biologique

Pour chaque niveau de traitement l'expérimentation est reproduite en trois répétitions.

Dans des tubes à essai, on prélève pour chaque échantillon 0.05ml du filtrat auquel on ajoute 4.85ml d'eau distillée et 0.1 ml de I₂/KI (eau iodée), après, les échantillons sont incubés au bain mari pour une durée de 10mn ; on établie la lecture de leurs densité optique (DO) aux longueurs d'ondes (580nm, pour l'amidon) et (720nm pour l'amylopectine). Dans les mêmes conditions un blanc est préparé en ajoutant à 0.1ml de I₂/KI ; 4.90ml d'eau distillée.

La détermination de l'amidon et l'amylopectine sont déduis à partir de la courbe d'étalonnage $y= 0.030x-0.020$

III.3.5.Détermination de l'acidité grasse [115]

Mise en solution de 50g de la mouture de blé dur dans 30ml d'éthanol à 95% à la température du laboratoire, après agitation, centrifugation, on établie une titration d'une partie aliquote de la solution surnageant par l'hydroxyde de sodium. Un essai blanc a été réalisé par la titration de l'acidité apportée par l'alcool, en opérant sur 20ml d'éthanol.

***Expression des résultats :** l'acidité exprimé en grammes d'acide sulfurique pour 100g de matière telle quelle :

$$7.35 \times (V1-V0) \times T/m$$

Avec :

V1 : est le volume, en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé pour la détermination.

V0 : est le volume, en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé pour l'essai blanc.

T : est le titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé.

m: est la masse de la prise d'essai en grammes,.

III.3.6.Détermination de teneur des lipides [116]

Une prise d'essai (8g) de la mouture de blé est hydrolysée par 12 ml de solution HCl (37%) en présence de 10 ml d'éthanol (95 %) et 8 ml d'acide formique avec une agitation homogène (cette étape permet de libéré les lipides aux amidons et protéines).

L'extraction de la matière grasse libérée est faite par 50 ml d'hexane par agitation pendant 5 min, ensuite le solvant est évaporé à l'aide d'un ROTAVAPEUR et le résidu de la matière est séché dans une étuve réglée à une température (70°C), par la suite le résidu est pesé a l'aide d'une balance analytique.

*Expression des résultats :

La teneur des lipides totaux dans 100g de l'échantillon est donnée par la formule suivant :

$$\text{Lipide\%} = 100 \times (m_0 - m_1) \times P_e$$

Avec :

m₀ : La masse en grammes du ballon +résidu.

m₁ : La masse en grammes du ballon vide.

P_e : La masse en grammes de la prise d'essai.

III.3.7.Dosage de métaux lourds ^[117]

Une prise d'essai de 2 g est calcinée dans un four à moufle à 450° C pendant 4 h. Les cendres obtenues ont été mouillées par quelques gouttes d'acide nitrique puis séchées à l'étuve. Ensuite, le résidu obtenu est repris dans 5 ml d'HCl concentré puis remanié à sec sur un bain de sable à 450°C. Le résidu obtenu est solubilisé par 5ml d'HCl dilué à 5 % à chaud (100°C) la solution obtenue est ajustée à 5ml par HCl (5%).

En parallèle, les blancs de minéralisation, ne contenant que les réactifs utilisés, ont été préparés dans les mêmes conditions. La lecture des métaux lourds est effectuée par le spectrophotomètre d'absorption atomique SAA à une longueur d'onde 517nm

III.4.Les études statistiques

Les données obtenues de l'expérimentation ont été soumises à des études statistiques qui ont consisté en une série d'analyses de la variance à deux facteurs : Facteur traitement et génotype. Ensuite, pour les paramètres ayant un effet significatif au niveau $\alpha = 0,05$, le classement des traitements en groupes homogènes est fait en utilisant le test de Tukey. Ces analyses ont été effectuées avec le logiciel STATISTICA 6.0.

IV. Résultats et discussion

IV.1. Le taux de l'humidité

L'analyse de la variance concernant l'humidité indique un effet traitement non significatif ($F=1.72$, $p=0.18$), cependant l'effet génotype ($F=81.60$, $p<0.001$) et interaction traitement - génotype ($F=3.89$, $p=0.017$) sont significatifs.

L'humidité moyenne de la variété *Mohammed Ben Bachir* (*Mbb*) 13.95% est supérieure à celle de *Waha* 11.88%. (**Fig.10**). Ces résultats peuvent s'expliquer par la déférence dans le caractère variétal. En effet ; plusieurs études ([109], [110]) montrent que *Mbb* est une variété résistante qui a tendance à garder la teneur en eau de ses feuilles plus élevée en comparaison avec *waha*. Dans ce sens toujours, ([111]) démontrent que ce paramètre physiologique de rétention d'eau par les plantes constitue un critère efficace dans le criblage des génotypes tolérant la déshydratation en condition de déficit hydrique. Les résultats de ([112]) corroborent avec les nôtres, en effet ces auteurs notent que la diminution de l'humidité des feuilles est faible chez les variétés sensibles par rapport aux variétés résistantes.

Pour l'effet traitement ont observé un seul groupe dont la plus haute humidité moyenne (13.54%) est attribué à la dose B2 et la plus faible humidité moyenne (12.53%) pour la dose B1, une valeur proche à celle du témoin (12.68%). (**Fig.11**)

La teneur élevée de l'humidité attribuée aux traitements boues s'explique par l'effet absorbant de cette dernière, dans la mesure où cette fumure organique permet de garder plus longtemps l'eau dans sol grâce à la matière organique qu'elle contient et qui agit comme un capteur tampon de l'humidité. [113]

IV. Résultats et discussion

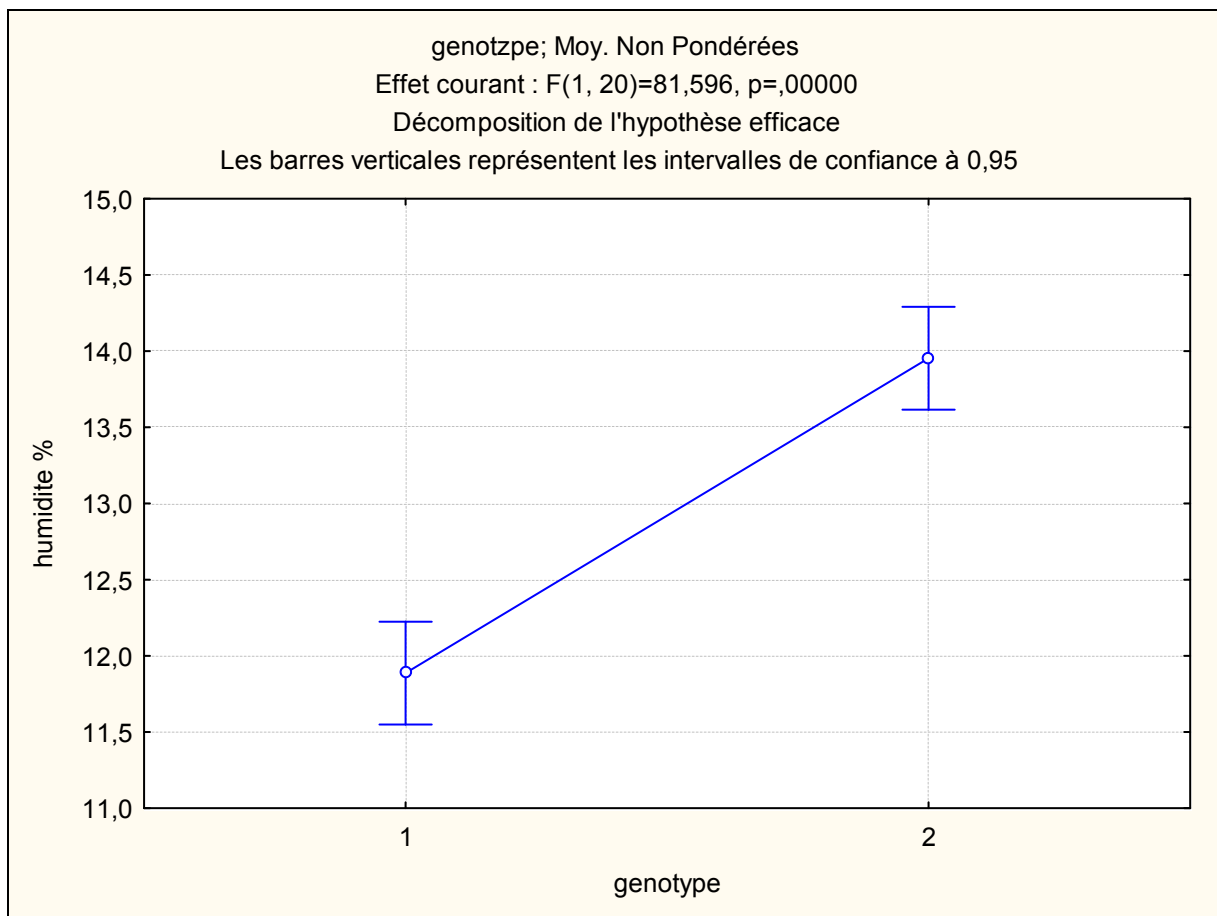


Figure .10. Effet génotype sur l'humidité du grain.

1=*MBB*, 2=*Waha*

IV. Résultats et discussion

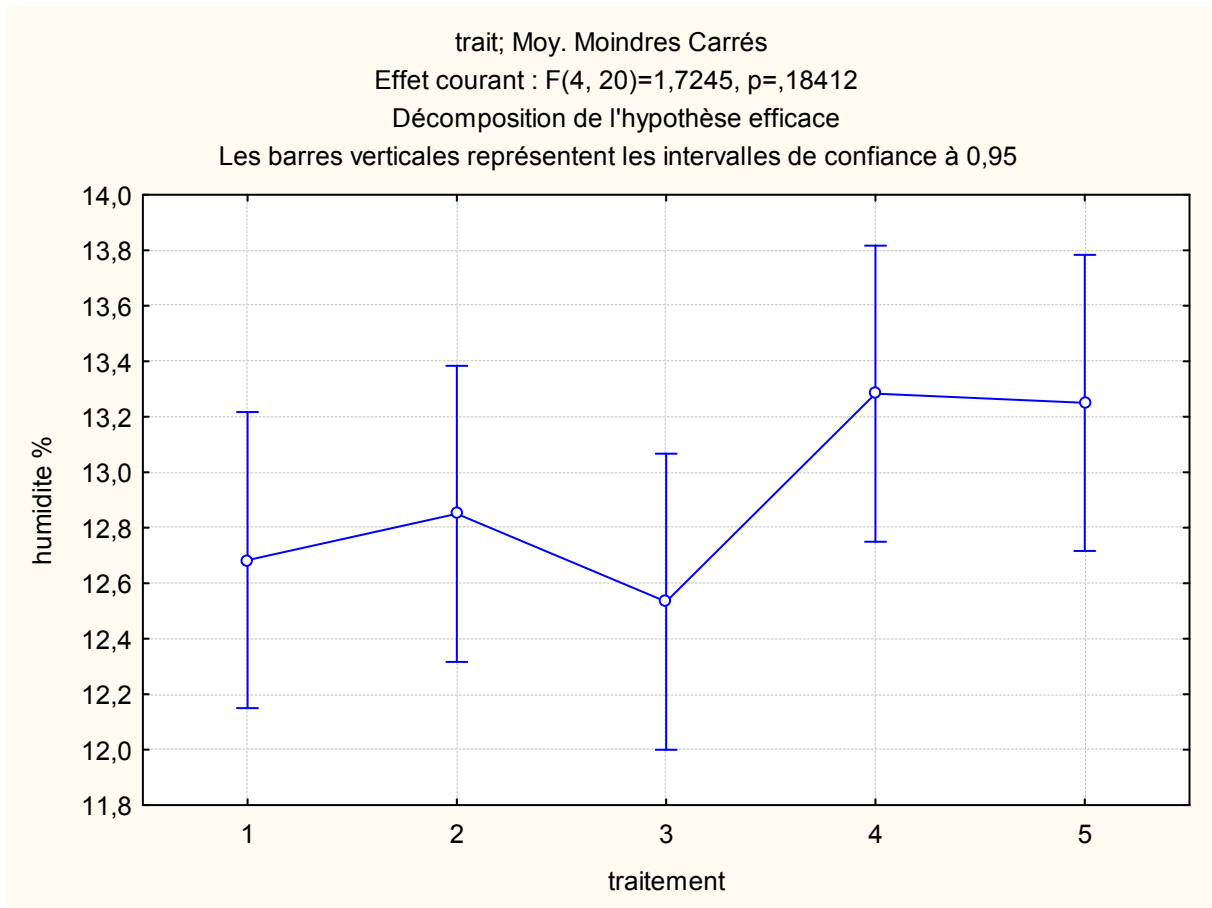


Figure.11. Effet du traitement sur l'humidité du grain.

1=T ; 2=N, 3=B1, 4=B2, 5=B3

IV.2. Teneur total en cendre

L'analyse de la variance montre un effet traitement ($F=119.284, p<0.001$) et un effet interaction génotype- traitement ($F=7.990, p< 0.001$) hautement significatifs. L'effet génotype ($F=1.961, p=0.17$) est non significatif.

D'après les valeurs de l'effet moyen du génotype, on obtient un seul groupe. La teneur observée des cendres est très proches entre la variété *Waha* (0.018%) et *Mbb* (0.017%). (**Fig.13**).

Les moyennes de l'effet traitement laissent voir une meilleure amélioration en cendre dans les grains amendés par les boues contrairement aux témoins. Le niveau traitement B3, B2 notent la plus haute valeur (0.024%), suivis par la fumure minérale (0.016%) alors que, les plus faibles teneurs sont allouées au niveau B1 (0.012%) et au témoin (0.013%). (**Fig. 12**)

IV. Résultats et discussion

Ces traitements sont classés selon le test de Tukey en ces trois groupes suivants :

B2, B3>N>T, B1.

La teneur en cendres du blé (expression de la richesse en éléments minéraux) peut varier considérablement en fonction de la nature du sol et des conditions climatiques pendant la croissance. [114]. ([115]) rapporte que les teneurs en micro nutriments des plantes sont fortement liées à la composition du sol et surtout aux apports externes.

En effet dans notre cas d'étude, l'augmentation de la teneur des cendres pour les grains des plantes de blé amendées par la boue résiduaire revient à la richesse de cette dernière en éléments minéraux (Tableau VI), le transfert de ces éléments depuis la boue au sol jusqu'à la plante permet une accumulation de ces sels dans celle-ci et par la suite dans le grain.[116] Dans ce sens toujours([117]) affirme que les boues résiduaires contribuent à l'amélioration de la fertilité du sol par l'accumulation du phosphore assimilable, nitrates et aussi métaux lourds. La fumure minérale est une source d'azote, un élément minéral propice dans l'augmentation de la mobilité des minéraux existant dans le sol vers la plante. [118] Cet effet explique aussi l'amélioration en la teneur des cendres pour ce niveau de traitement par rapport au témoin.

D'autre part on décèle dans cette présente étude que le niveau de traitement B1 a une teneur en cendre proche à celle du témoin ; ce teneur est en relation cohérente avec l'humidité dans le grain ; en effet la plus faible humidité est enregistrée avec la dose B1 ainsi le manque en eau a limité le transfert des minéraux pour ces plantes il en résulte une faible teneur dans les cendres. [119]

IV. Résultats et discussion

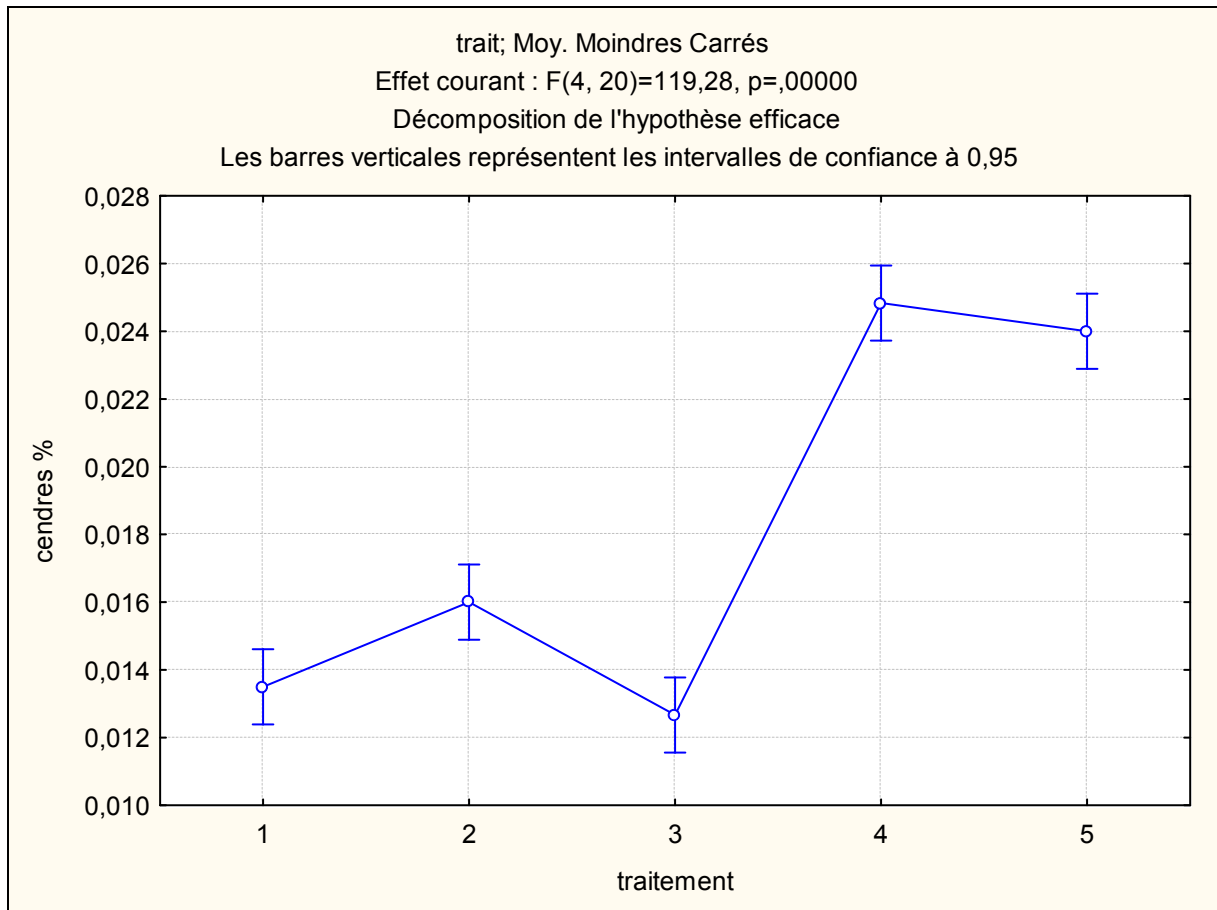


Figure.12. Effet du traitement sur la teneur des cendres du grain.

1=T, 2=N,3=B1,4=B2, 5=B3

IV. Résultats et discussion

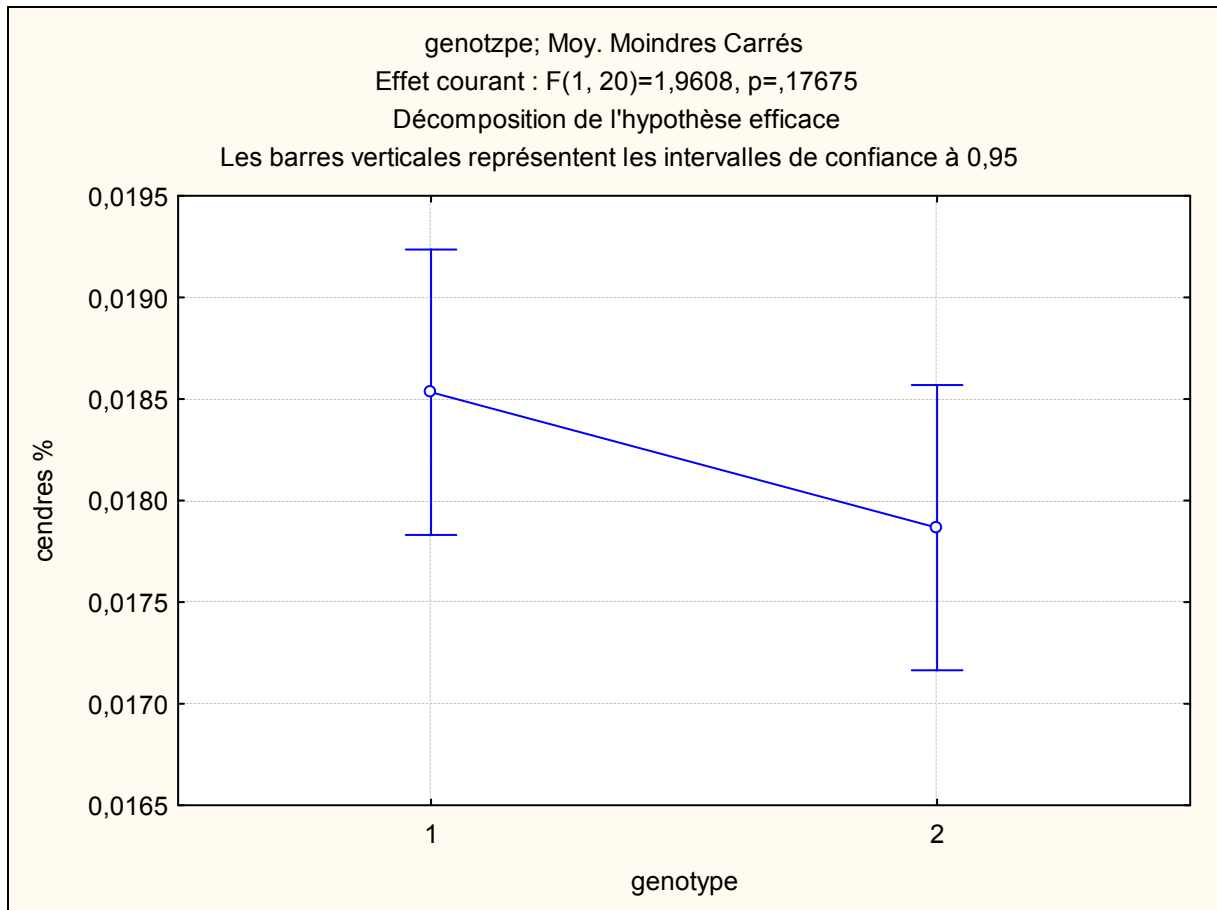


Figure.13. Effet génotype sur la teneur des cendres du grain.

1= *Waha*, 2=*MBB*

IV.3.La teneur d'azote

L'analyse de variance montre un effet génotype ($MC=0.0003$; $p<0.001$) significatifs, on observe la plus haute valeur (0.023%) pour *waha* et (0.016%) pour *MBB*. (**Fig. 15**)

Quand à l'effet interaction traitement-génotype il est aussi significatif ($MC=0.000067$; $p<0.001$).

À la lumière des résultats obtenus pour l'effet traitement ($MC=0.0003$, $p<0.01$) il est significatif. La plus grande teneur est indiquée avec la dose B3 (0.032%) suivie par les niveaux de traitements boue B2 et B1 avec respectivement les moyennes (0.023%, 0.016%). La plus faible quantité d'azote est attribuée au témoin (0.011%). (**Fig.14**) On obtient quatre groupes selon l'ordre croissant suivant : $T < N$, $B1 < B2 < B3$.

Il est clair à travers nos résultats que, l'apport des deux fumures (la boue et Urée) ont contribué à l'augmentation en la teneur d'azote dans le grain.

IV. Résultats et discussion

Il est connu que les boues sont considérées comme une source potentielle en élément azote, plusieurs auteurs ([120]) rapportent que, l'azote dans les boues se trouve sous deux formes ; la forme minérale ($N-NH_4^+$) et organique, ainsi l'épandage de ce biosolide contribue à améliorer la nutrition azotée de la plante, ce qui permet l'augmentation de l'élément azote dans le grain traité par la boue au même titre que la fumure minérale. [121] Selon ([122]) ; des teneurs plus élevées en azote du grain sont à la fois dues à une meilleure assimilation directe de l'azote, même à des stades tardifs les mouvements d'azote des feuilles vers l'épi se poursuivent. Nos résultats corroborent avec ([123]) qui rapportent que l'épandage des boues résiduares anaérobiques améliore la concentration des tissus de Colza en azote. De son côté aussi, Tester ([124]), montre que l'amendement du sol par les boues améliore la nutrition azotée de la fétuque et stimule la croissance racinaire en comparaison avec la végétation d'un sol non amendé. La même observation a été faite par ([125]) sur ray-gras, où une augmentation de la concentration en 'azote a été signalée dans les tissus des plantes sur sol amendé avec des boues résiduares.

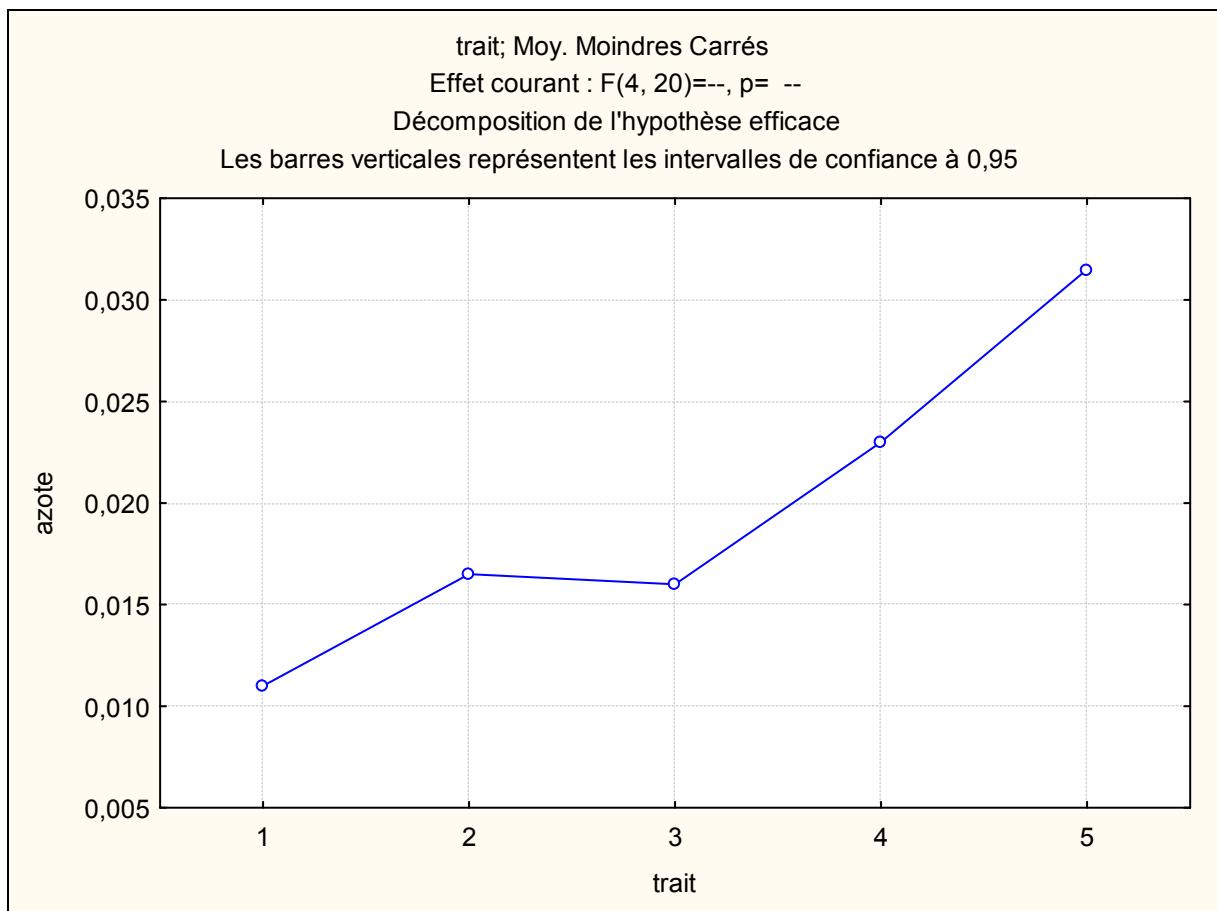


Figure.14. Effet traitement sur la teneur d'azote du grain.

1=T, 2=N, 3=B1, 4=B2, 5=B3

IV. Résultats et discussion

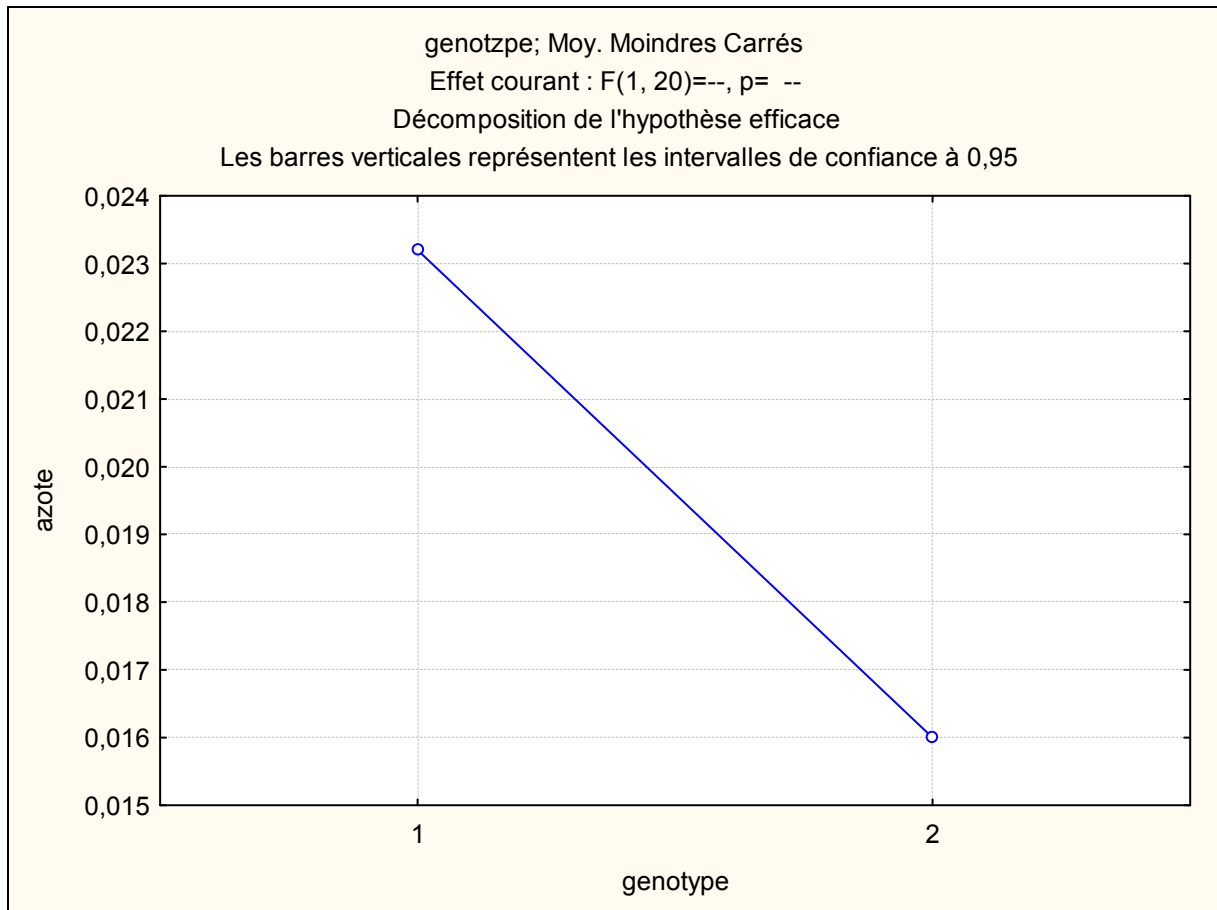


Figure.15. Effet génotype sur la teneur d'azote du grain.

1= *Waha*, 2=*MBB*

IV.4. La teneur des protéines

L'analyse des résultats concernant les protéines indique un effet traitement $MC=0.0121$; $p<0.01$), effet interaction traitement-génotype ($MC=0.002$; $p<0.001$) et effet génotype ($MC=0.0126$, $p<0.01$) significatifs. La variété *waha* laisse observer une moyenne en protéine de 13.5% et *MBB* 9.1%. (**Fig.16**)

L'amélioration en cette matière de réserve est observée avec B3 (18%) suivie par le niveau de traitement boue B2 (13%) et en fin la plus faible valeur est allouée au témoin (6.1%). On obtient quatre groupes selon l'ordre croissant : $T < N < B1 < B2 < B3$.

Pour les céréales à pailles, la teneur en protéine est une caractéristique essentielle. C'est un critère important d'appréciation de la qualité, dans la mesure où, elle représente un intérêt technologique et nutritionnel pour l'utilisation du blé. [126] L'azote serait un bon indice pour l'estimation du taux de protéine dans le grain de blé dur. [127] En effet dans notre cas on a remarqué que la teneur des protéines est étroitement liée avec l'augmentation et

IV. Résultats et discussion

l'amélioration de l'azote dans le grain amandé par la boue et par l'urée. Ainsi à travers cette amélioration de l'élément azote apporté par les boues et aussi la fumure minérale il s'est établie une bonne nutrition azotée de la plante et par la suite une bonne accumulation en protéine comme matière de réserve. [128]

([21]) obtient dans son essai une teneur en protéine dans le grain de blé égale à 13,1% suite à un épandage de 20t/ha de boue résiduaire sur un sol calcaire, contrairement au témoin 11,7%.

Concernant l'effet génotype les deux variétés ne manifestent pas la même réponse quand à l'assimilation de l'azote et aussi à l'accumulation des protéines. Nous pensons à ce sujet que, ceci est en rapport avec le besoin variétal des deux variétés pour cet élément. En effet la variété *waha* absorbe de 46 à 90 (Kg/ha) d'azote, alors que *MBB* ses besoins en ce minéral sont de (46 kg /ha) seulement, ainsi plus la plante absorbe plus elle synthétise de protéine. [129]

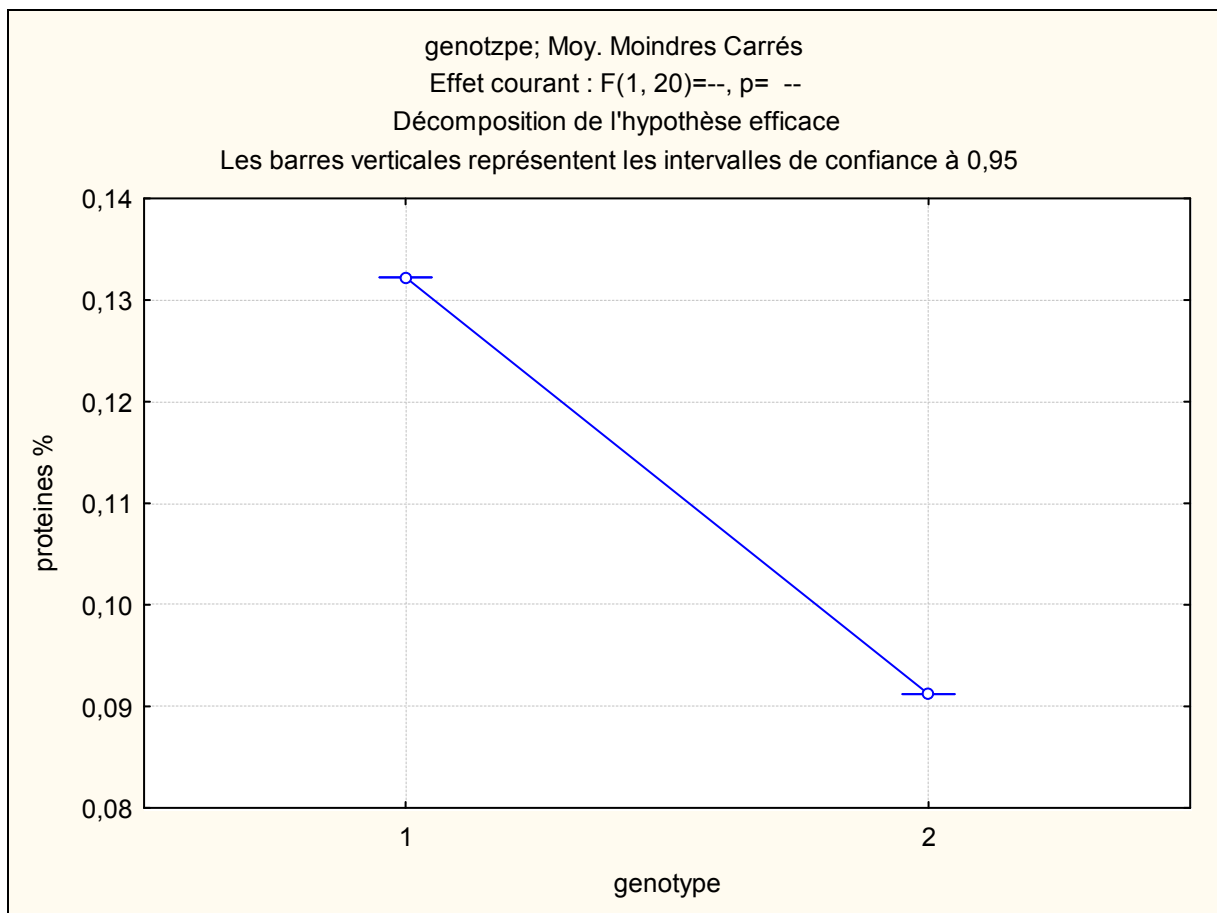


Figure.16 .Effet génotype sur la teneur des protéines du grain.

1=*Waha*, 2=*MBB*

IV. Résultats et discussion

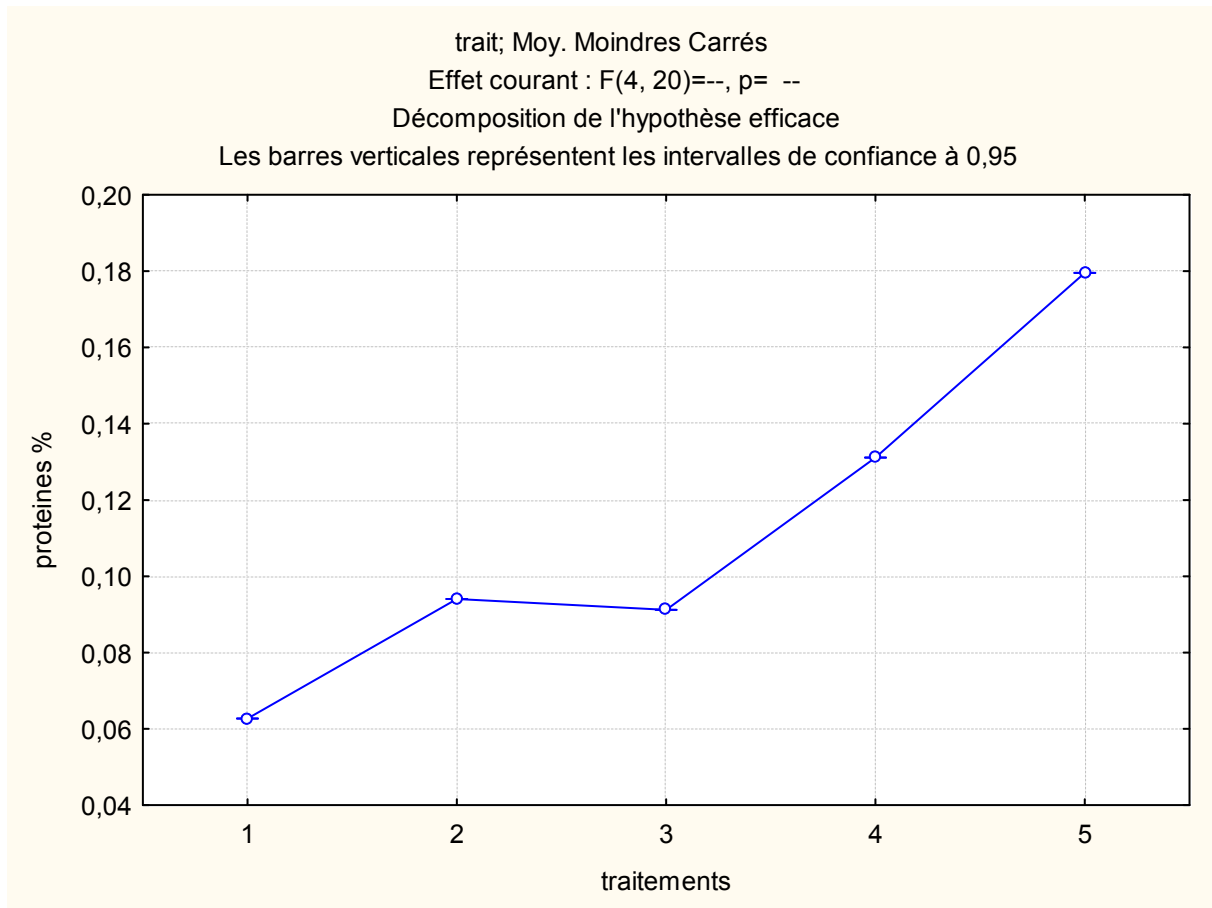


Figure. 17. Effet traitement sur la teneur des protéines du grain

1=T, 2=N, 3=B1, 4=B2, 5=B3

IV.5. La teneur de l'amidon

L'effet traitement ($F=0.153$, $p<0.05$) montre une différence significative entre les cinq niveaux qui sont classés en ces trois groupes : B1, N, $B2<N$, B2, $B3<B2$, B3, T la teneur la plus élevée en amidon est attribué au témoin (19.18%). La plus faible valeur est obtenue avec le niveau B1 (13.98%). (**Fig. 18**)

L'effet interaction génotype-traitement ($F=1.95$; $p=0.14$) et effet génotype sont non significatifs ($F=0.15$; $p=0.7$), on a obtenu un seul groupe, la variété *Waha* avec la valeur d'amidon de (16.51%) et la variété *MBB* (16.49%). (**Fig.19**)

L'amidon est une matière de réserve importante dans le grain, sa synthèse par le biais de la réaction énergétique de la photosynthèse permet son accumulation et par la suite sa disposition au consommateur. Seulement, dans notre étude on n'a détecté aucune amélioration sous l'effet des traitements boues et de la fumure minérale. Nous pensons que cette observation revient à l'utilisation de cette matière de réserve comme source énergétique dans le développement de la biomasse végétale. Plusieurs chercheurs ont confirmé par leurs travaux que le développement des plantes en termes de biomasse aérienne est plus

IV. Résultats et discussion

déterminant pour les plantes amendées par les boues et la fumure minérale en comparaison avec les plantes témoins. Ainsi l'utilisation de l'amidon comme matière énergétique dans le développement des plantes a diminué son accumulation dans le grain. [130]

Il ressort aussi des résultats observés que la quantité de l'amidon dans le grain est largement inférieure à celle (75,65%) fixé par. ([131]) Nous pensons que ceci est due à l'infection des grains par l'insecte " le tribolium" qui s'est installé au sein des grains. Cette infection qui a touché la qualité des grains est due à la longue conservation de ces derniers.

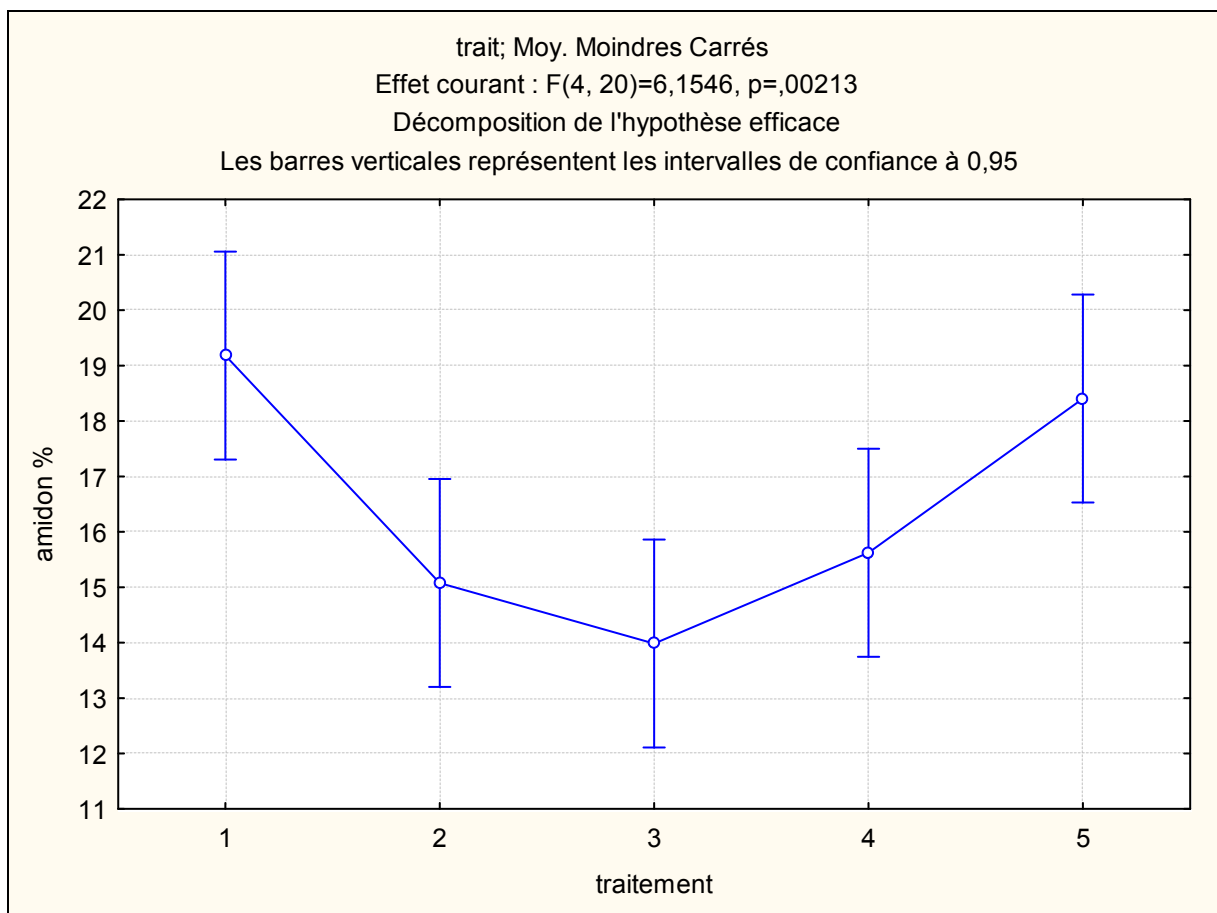


Figure 18. Effet traitement sur la teneur en amidon du grain.

1= T, 2=N, 3=B1,4=B2,5=B3

IV. Résultats et discussion

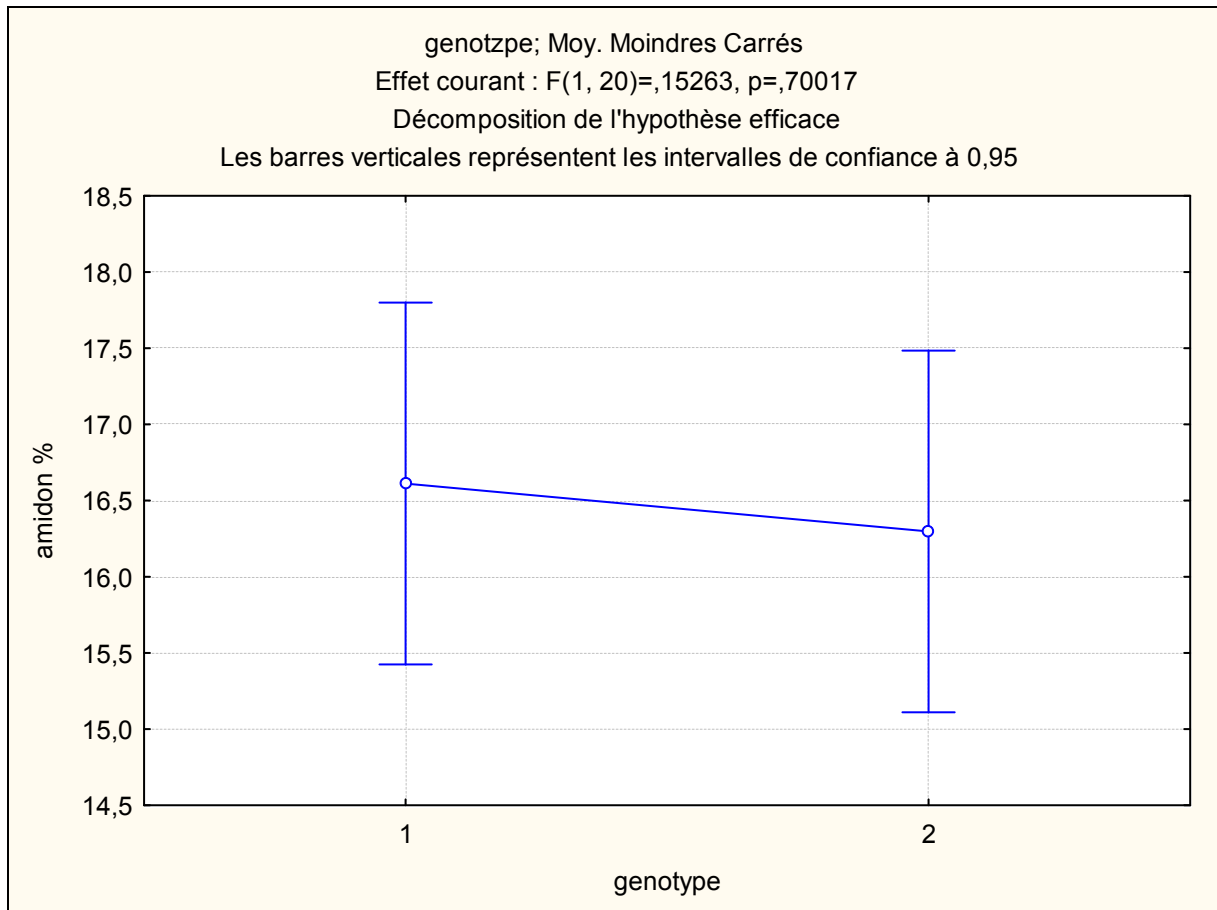


Figure. 19. Effet génotype sur la teneur en amidon du grain.

1=Waha, 2= MBB

IV.6. La teneur de l'amylopéctine

L'étude des valeurs obtenus pour les différents niveaux de traitements ($F=1.00$; $p=0.43$) ; génotypes ($F=1.00$; $p=0.32$) et interaction génotype- traitement ($F=0.99$; $p=0.43$) indiquent un effet non significatif, la comparaison des moyennes met en évidence une seul groupe pour le caractère variétale et aussi pour l'effet traitement. (**Fig.20**) et (**Fig.21**)

IV. Résultats et discussion

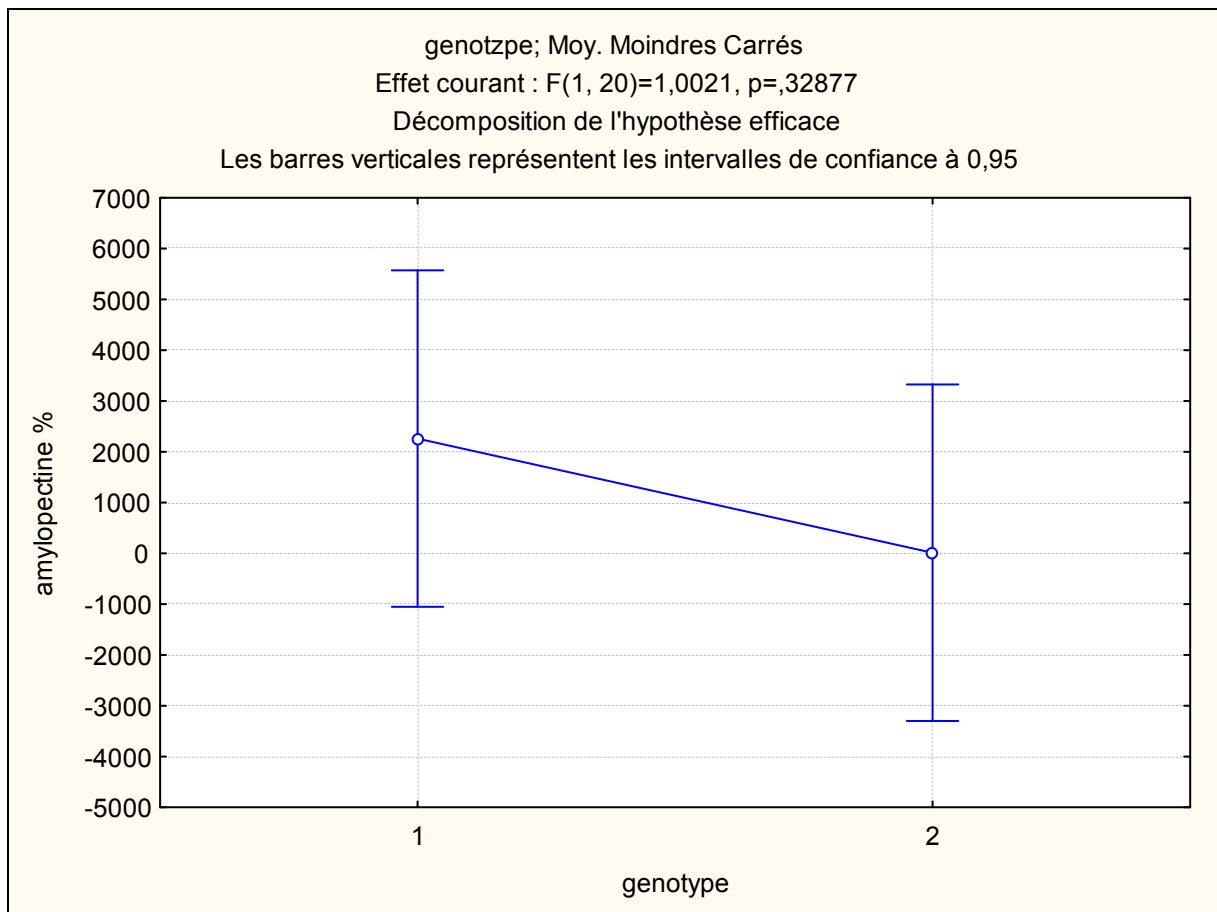


Figure.20. Effet génotype sur la teneur d'amylopectine du grain.

1=Waha, 2=MBB

IV. Résultats et discussion

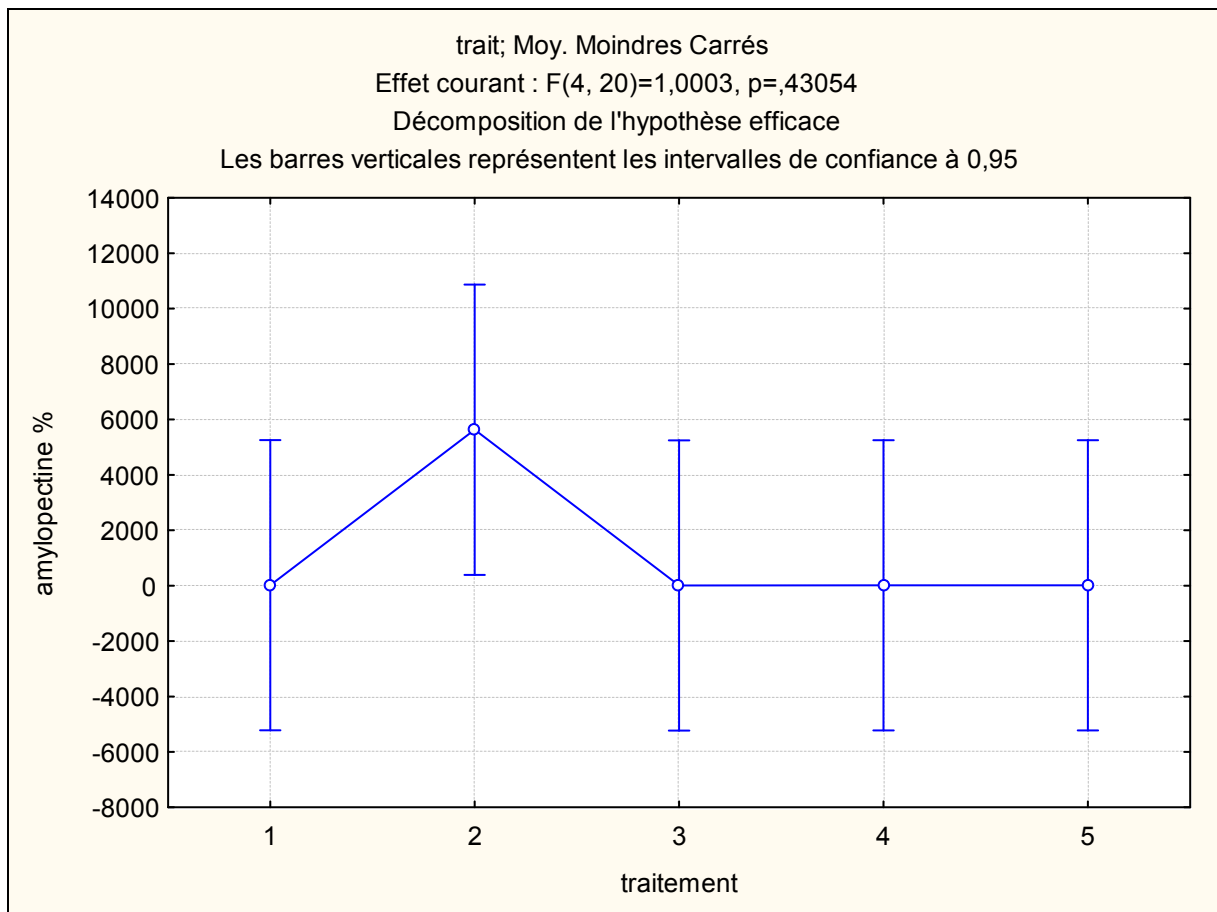


Figure.21. Effet du traitement sur la teneur de l'amylopectine du grain

1=T, 2=N, 3=B1, 4=B2, 5=B3

IV. Résultats et discussion

IV.7. La Teneur des lipides

L'analyse statistique indique un effet traitement significatif ($F= 11.74$, $p<0.001$) pour les cinq niveaux des traitements, les valeurs obtenues pour les lipides varient de 1.89% pour le niveau B1 à 2.38% pour l'Urée. La plus faible teneur (1.75%) est notée avec la dose B3. Le témoin note la valeur la plus grande (2.83%). On obtient les trois groupes suivants :

B3, B2, B1 < B1, N, < N, T. (Fig.23)

Pour l'effet génotype on a obtenu deux groupes qui mettent en relief un effet génotype significatif ($F= 78.18$; $p<0.001$) avec une valeur supérieure de lipides (2.67%) observée chez la variété *Waha* contrairement à *MBB* (1.60%). (Fig.22)

Les lipides du blé, malgré qu'ils soient des constituants mineurs qui représentent environ 2 % du poids sec du grain [26]. Ces constituants contribuent en grande partie aux qualités technologiques, rhéologiques et nutritionnelles des farines du blé. [131]

([132]) montrent que la teneur en lipides des graines est généralement en proportion inverse à celle des protéines. En particulier, si la fourniture d'azote dans la plante est importante, la production des protéines est favorisée, et il y aura une plus faible formation de corps gras à partir des hydrates de carbone. Dans notre étude aussi cet effet est observé ; il est clair que l'amendement boue s'est centré sur la formation des protéines contrairement aux lipides. Aussi, il apparaît que la variété *waha* a une capacité supérieure dans l'accumulation des protéines et lipides par rapport à la variété *MBB*. Cet effet est en partie dû par le fait que, la variété *waha* a un chaume (longueur des tiges) inférieur (90cm) par rapport à *MBB* (120cm) (TabV). Ainsi les protéines et lipides sont plus conservés dans les grains de *waha* contrairement à la variété *MBB* qui utilise ces matières pour sa croissance. [133]

IV. Résultats et discussion

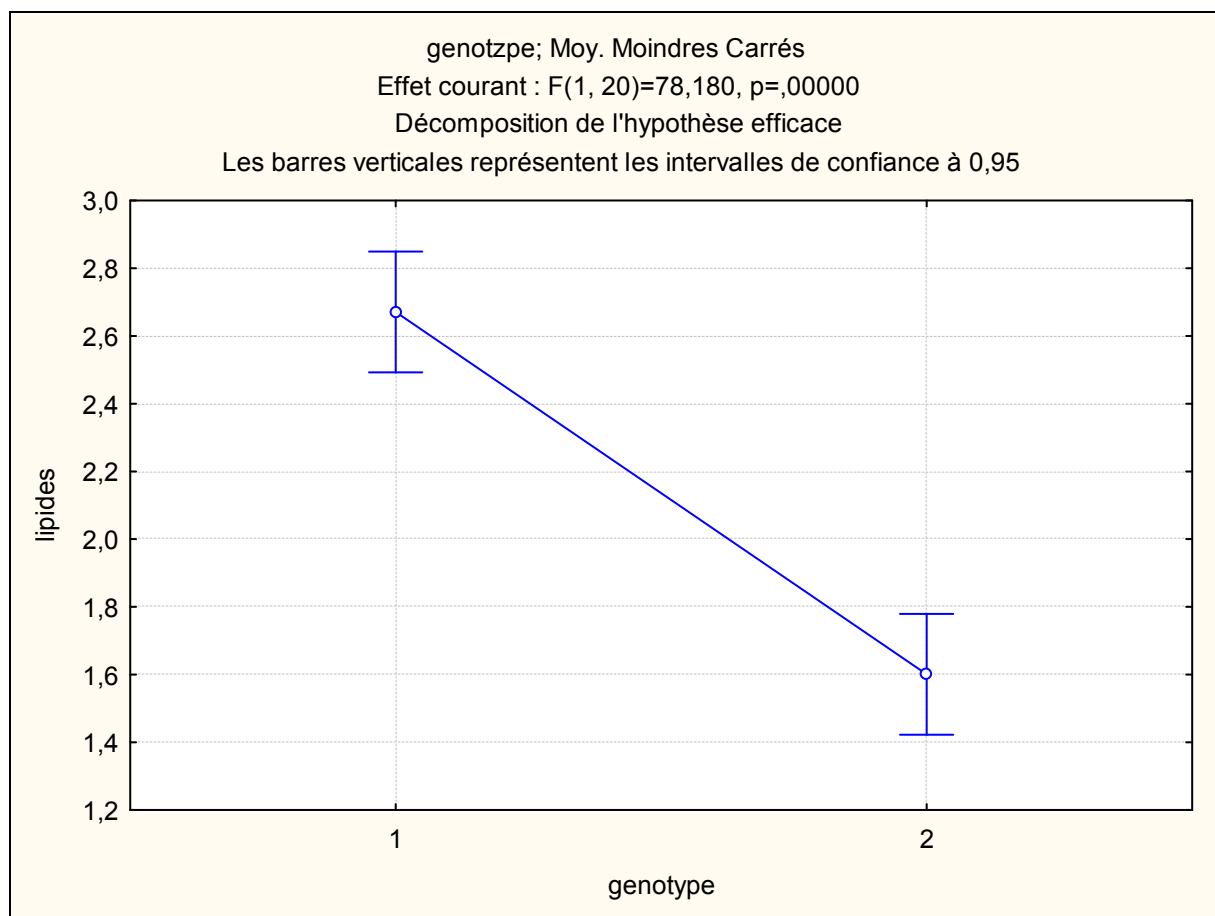


Figure.22. Effet génotype sur la teneur des lipides du grain.

1=Waha, 2=MBB

IV. Résultats et discussion

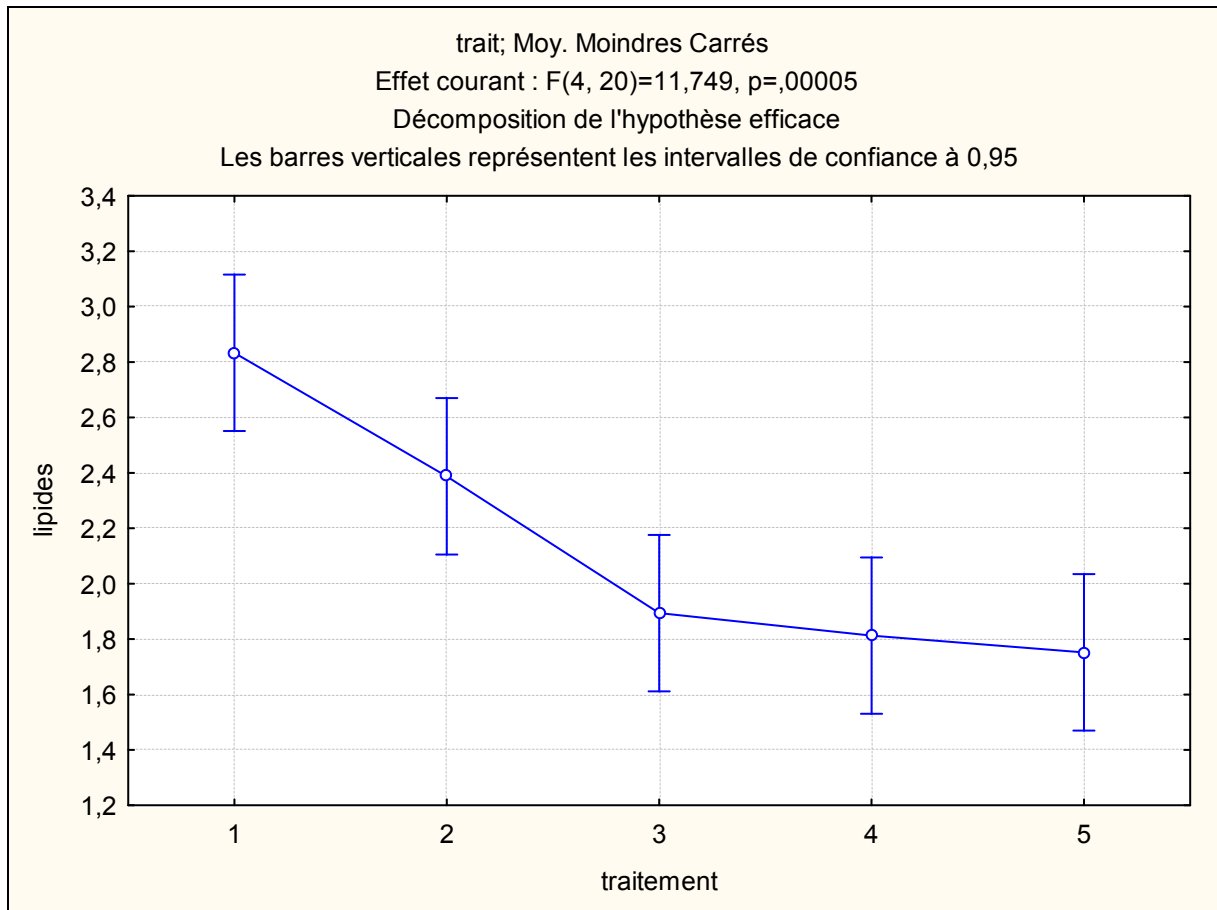


Figure.23. Effet du traitement sur la teneur des lipides du grain.

1=T,2=N,3=B1,4=B2,5=B3

IV.8. La teneur de l'acidité grasse

L'analyse statistique indique un effet interaction traitement- génotype ($F=1.45 ; p=0.25$) non significatif. Cependant l'effet traitement est significatif ($F=5.70 ; p<0.01$). Avec les cinq niveaux des traitements, les valeurs obtenues pour l'acidité grasse varient de 0.0034g d'acide sulfurique /100MS pour le niveau témoin à 0.0031g d'acide sulfurique /100MS pour le traitement urée, la dose B1 note la plus haute teneur (0.0053 g d'acide sulfurique /100MS) et B3 la valeur (0.0046 g d'acide sulfurique /100MS). Deux groupes sont observés :

B1, B3, B2>B3, B2, T, N. (**Fig.25**)

L'effet génotype obtenu est non significatif ($F=0.000, p=1$). La valeur observée chez la variété *Waha* (0.0042 g d'acide sulfurique /100MS) est égale à celle de *MBB*. (**Fig.24**)

IV. Résultats et discussion

Les acides gras polyinsaturés sont des nutriments essentiels surtout pour la croissance [30]. La teneur en acidité grasse est un indicateur de l'état de bonne conservation des blés, des farines et des semoules [134]. Cependant selon ([135]) l'acidification constitue un indice d'altération de la qualité technologique de la farine qui est peut être due à l'oxydation des acides gras polyinsaturés provoquée par une dégradation enzymatique des lipides et catalysée par la lipo-oxygénase qui provoque par la suite un réarrangement des liaisons disulfure au sein du réseau protéique. [33]

D'après nos résultats, le temps de stockage des grains a fortement influencé ce paramètre ; en effet les niveaux de traitements boues B2, B3 et fumure minérale ne montre pas de différence significative avec le témoin, nous pensons à ce effet que, le temps de stockage a fortement influencé le taux d'acidité grasse. [136]

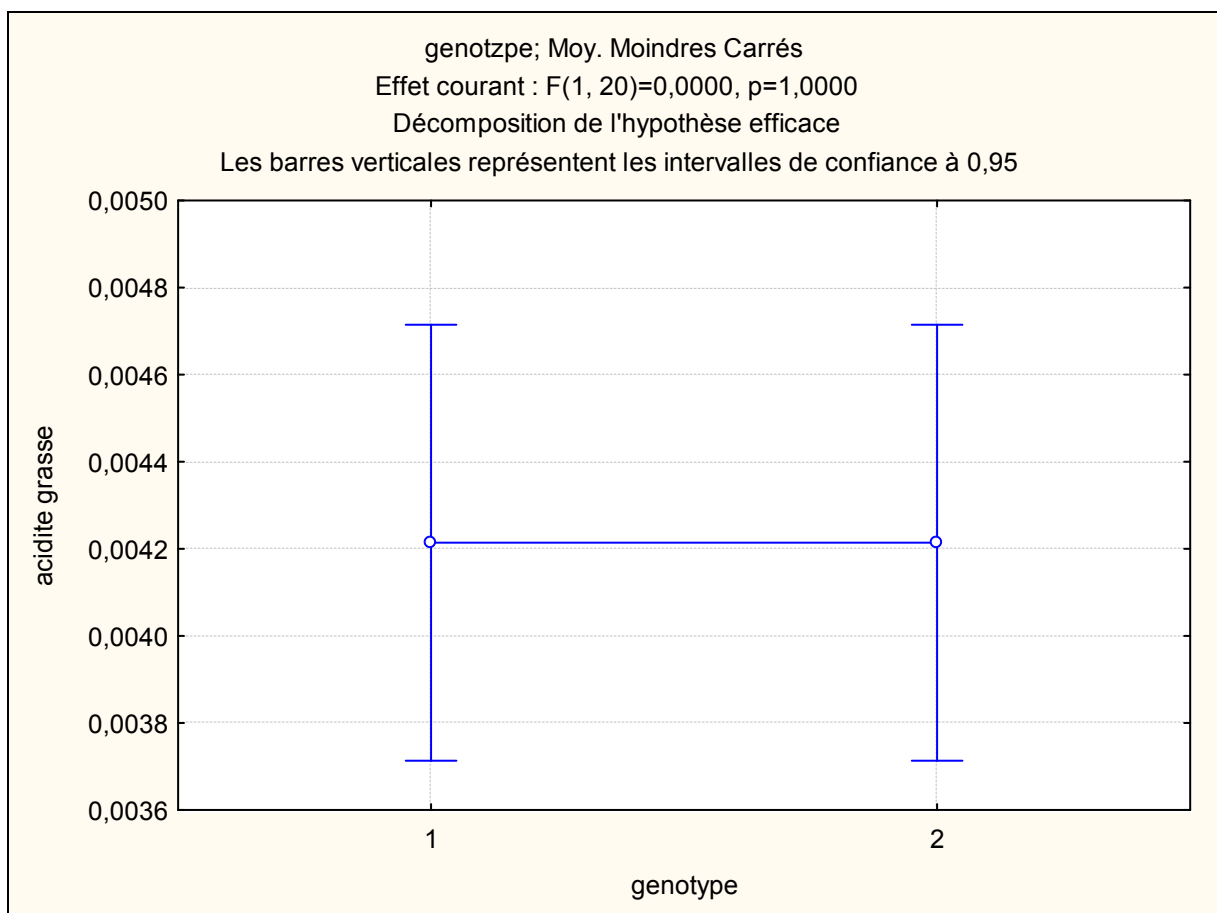


Figure.24. Effet génotype sur la teneur de l'acidité grasse du grain.

1=Waha, 2= MBB

IV. Résultats et discussion

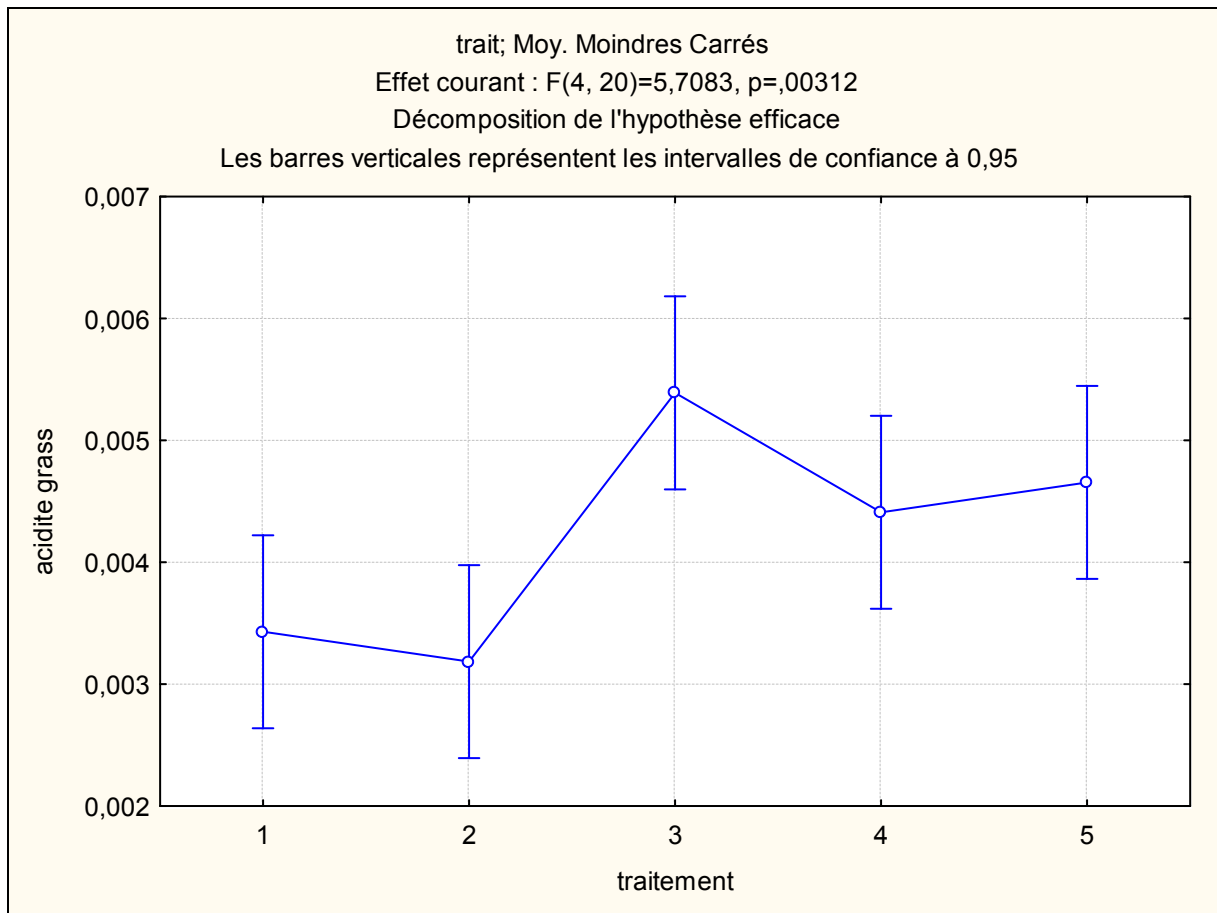


Figure.25. Effet du traitement sur la teneur d'acidité grasse du grain.

1=T,2=N,3=B1,4=B2,5=B3

IV.9.La teneur de métaux lourds (fer et zinc)

IV.9.1.La teneur du Fer

L'analyse statistique indique pour le fer un effet traitement hautement significatif ($MC=0.000004$; $p<0.001$). Pour les cinq niveaux des traitements, les valeurs obtenues pour le fer varient de 0.0015ppm pour le niveau urée et B3 et à 0.0010 ppm pour le traitement B1, B2. Le témoin note la plus grande teneur (0.0030 ppm). Fig. no. Trois groupes sont notés selon l'ordre croissant : B1, B2 < B3, N < T. (Fig.27)

Pour l'effet génotype l'analyse de la variance indique un effet significatif ($MC=0.000001$ $p<0.001$). On a obtenu deux groupes avec une valeur supérieure observée chez la variété *Waha*. (0.0018 Ppm) en comparaison à *MBB* (0.0014ppm) (Fig.26)

Le Fer est un élément mineur essentiel pour la croissance de la plante. Plusieurs auteurs affirment que la composition des boues urbaines est riche en oligo-éléments (Zn, Fe...) ainsi

IV. Résultats et discussion

leurs épandages permet d'apporter au sol son stock en ces éléments [137]; Toutefois, cet effet n'est pas observé dans notre étude ; nous pensons à ce sujet qu'il y a eu une rétention du fer par la matière organique qui se trouve en abondance dans la boue [138]. La fixation par effet d'adsorption a limité le passage de ce métal vers la plante et par la suite vers le grain. [139].

Nos observations obtenues sur l'accumulation de ce métal lourd s'opposent à ceux trouvés par plusieurs auteurs qui révèlent que l'épandage des boues résiduelles permet une forte accumulation de fer. [140]

Toutefois, nos résultats corroborent avec ceux ([141]) qui mentionnent qu'il y a moins de 20% de fer qui est mobilisée dans le grain du blé.

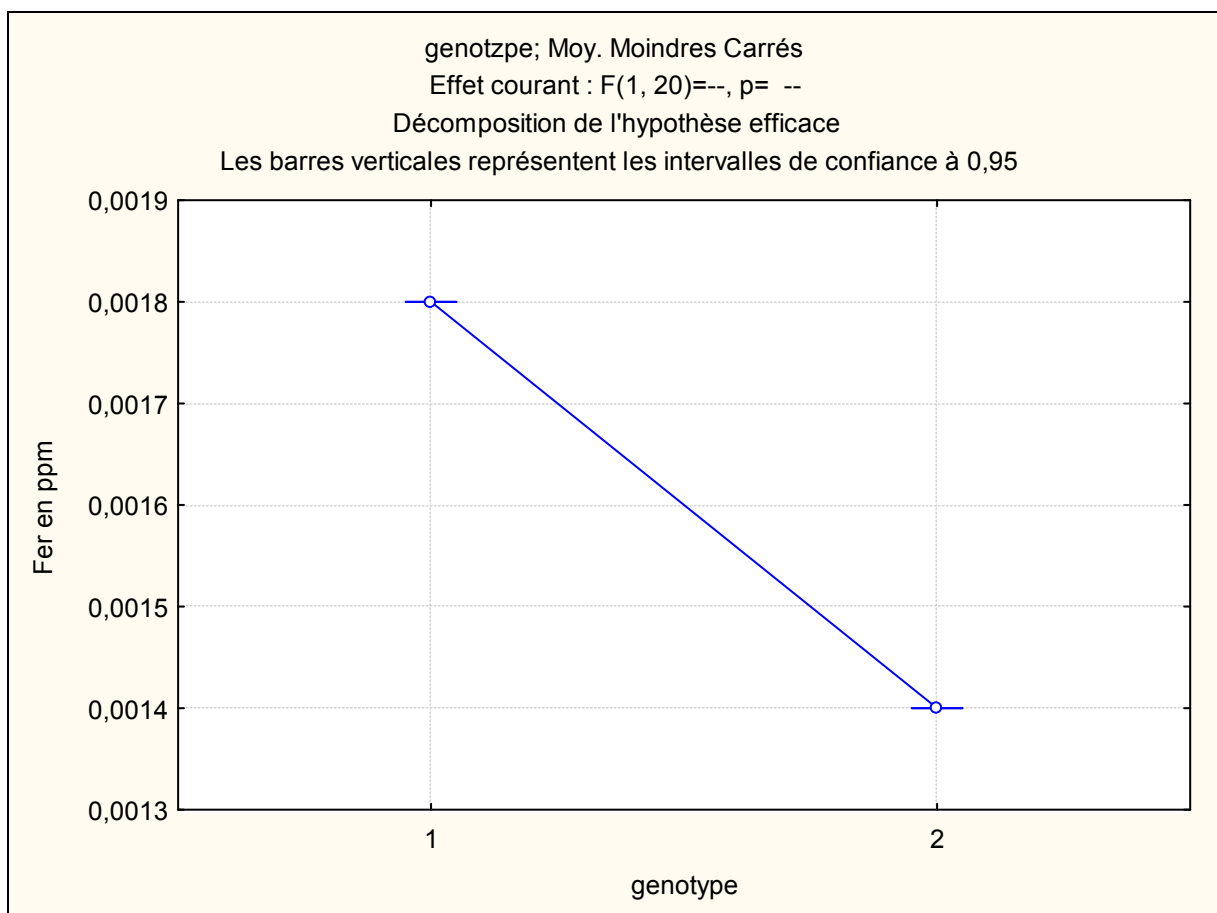


Figure.26. Effet génotype sur la teneur du fer dans le grain.

1= Waha , 2= MBB

IV. Résultats et discussion

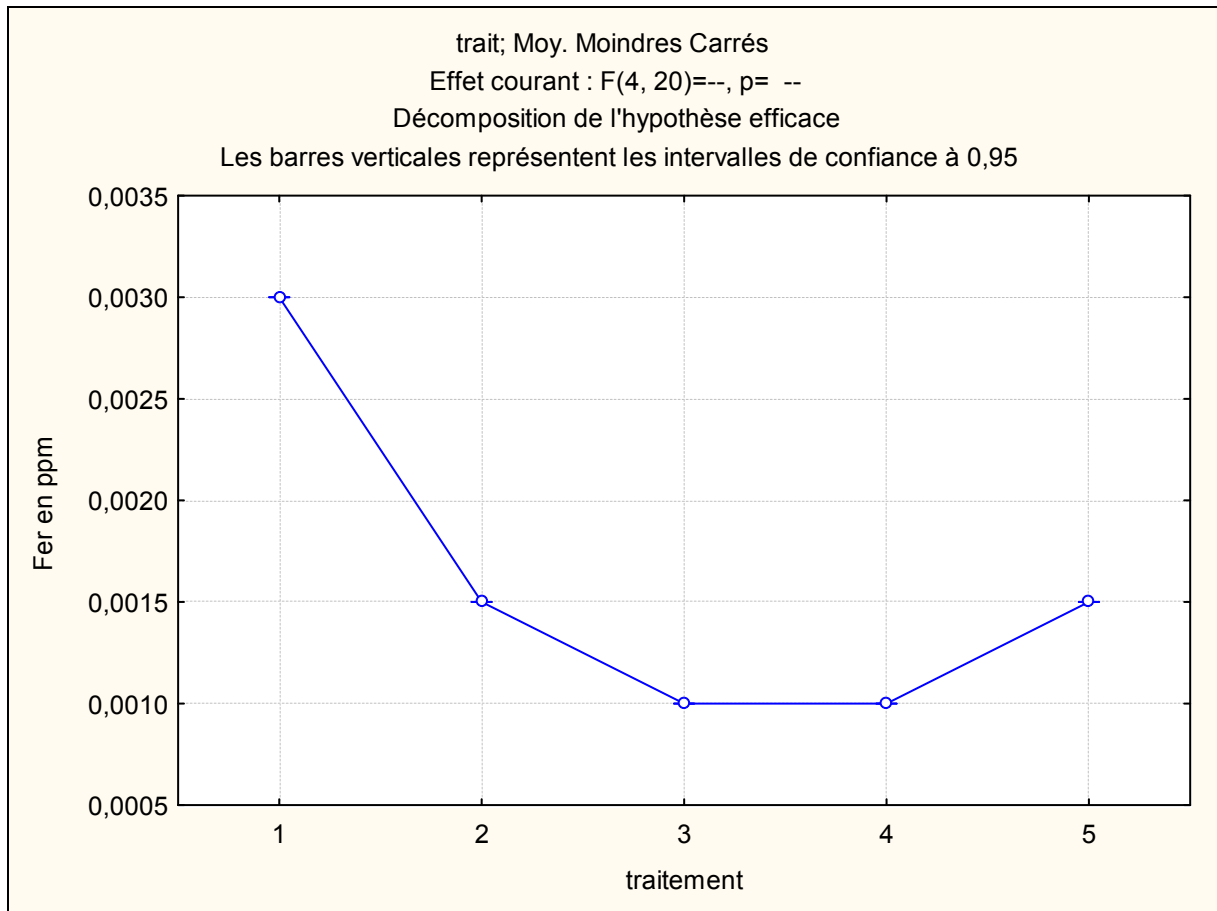


Figure.27. Effets traitement sur la teneur de Fer dans le grain.

1=T,2=N,3=B1,4=B2,5=B3

IV. Résultats et discussion

IV.9.2. La teneur du Zinc

L'analyse statistique du zinc indique un effet traitement hautement significatif ($MC = 0.0000 / p < 0.001$) pour les cinq niveaux des traitements, les valeurs obtenues pour le Zinc sont de égale à 0.0010% pour les trois niveaux ; urée, B3, B2. La plus grande valeur est décelée pour les niveaux B1 et le témoin (0.015%). (Fig.29). On obtient deux groupes selon l'ordre suivant : N, B2, B3 < T, B1.

Selon l'effet génotype on a obtenu comme pour le fer deux groupes avec une valeur supérieur observée chez la variété *Waha*. (0.0014%). (Fig.28)

-Le zinc est également un élément essentiel pour la croissance des cultures, car cet élément joue un rôle enzymatique important dans la synthèse de protéines. [142] Les concentrations normales en zinc dans les plantes varient de 15 à 100 mg/kg, selon les espèces. Les teneurs obtenues pour l'élément zinc sont de loin inférieurs aux valeurs limites de toxicité fixées par l'organisation mondiale de la santé (L'OMS: 150mg/kg MS).

Les boues urbaines contiennent souvent des métaux en concentration élevée, comme le Zn, Cu et Ni, dont la toxicité est potentielle. [41] Mais les toxicités des plantes dues aux métaux des boues, sont rarement observées. En effet dans ce présent travail on n'as pas détecté une forte accumulation de zinc ; nous pensons que, ces faibles teneurs de zinc enregistrées s'expliquent par l'antagonisme existant entre l'absorption de ce métal et du phosphore, sachant que les boues utilisées dans l'essai cité sont riches en élément phosphore (Tableau VI) ainsi ce minérale pourrait être le facteur principal qui a limité le passage du zinc vers la plante et par la suite vers le grain, sans oublier que, ([143]), trouve que la fumure organique riche en phosphore diminue la concentration de Zn dans les plantes en abaissant son absorption. Cet effet est du probablement à formation de phosphate de Zinc insoluble qui se précipite dans le sol. Le phosphore forme avec le zinc du $Zn_3 (PO_4)_2$, et il perturbe l'assimilabilité du zinc dans les tissus des végétaux. [144]

Contrairement à nos trouvailles, ([145]) ont obtenu une accumulation excessive de métaux lourds dans le grain de blé suite à l'amendement boue. Ils enregistrent une teneur de 115ppm de zinc. Aussi de leurs coté, ([146]), suite à un traitement à base de boue, ont soulevé une accumulation significative en zinc dans le blé de la plus faible valeur obtenue avec le témoin 54,6ppm à 62ppm pour les plantes amendées par les boues.

IV. Résultats et discussion

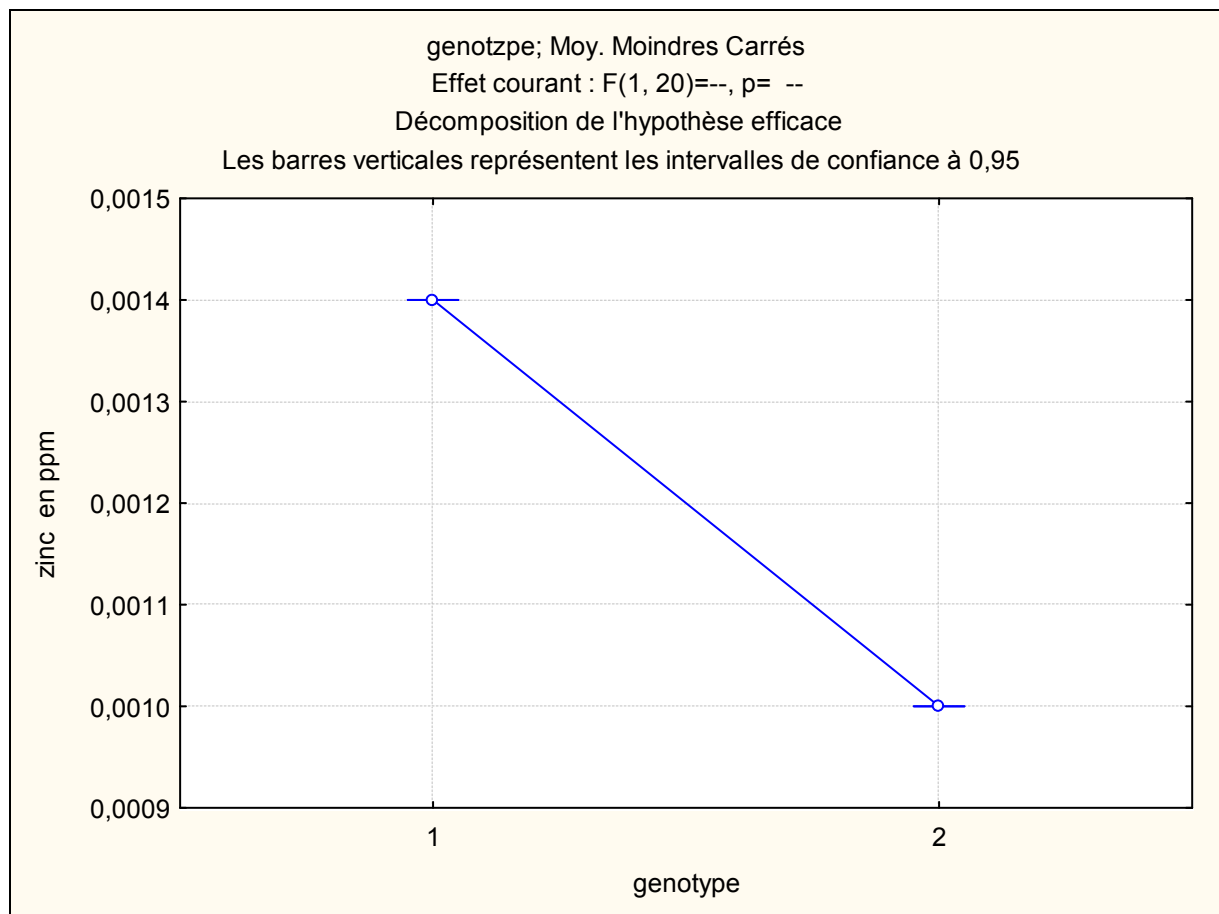


Figure.28. Effet génotype sur la teneur du zinc dans le grain

1=Waha , 2 = MBB

IV. Résultats et discussion

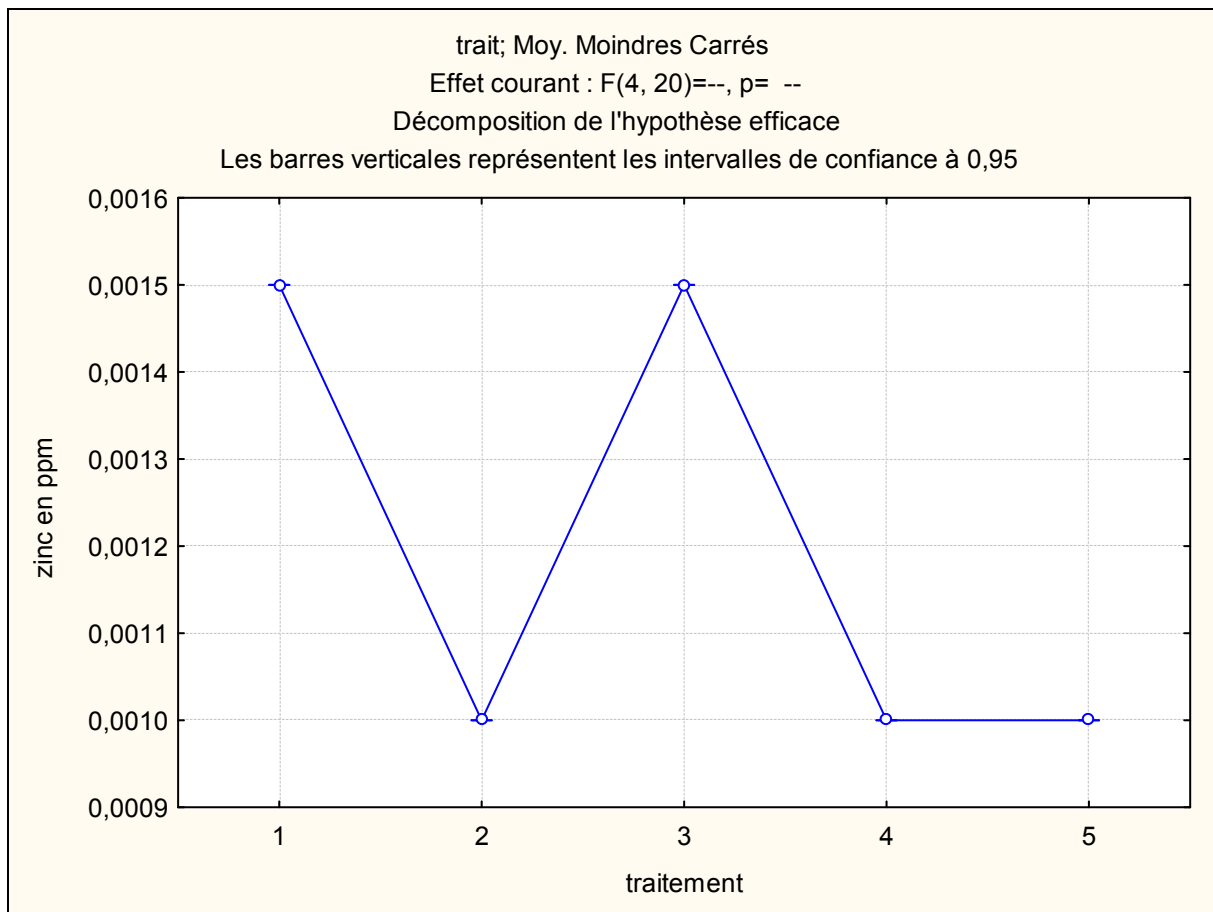


Figure.29. Effet traitement sur la teneur du Zinc dans le grain.

1=T,2=N,3=B1,4=B2,5=B3

Conclusions et perspectives

L'utilisation des boues résiduaires dans le secteur agricole a apporté d'après plusieurs chercheurs du résultat prometteurs dans la production végétale et aussi dans l'amélioration de la qualité nutritionnel des graines du blé dur.

Notre étude, se base sur la valorisation de l'épandage des boues sur quelques paramètres nutritionnelles et aussi sanitaires (métaux lourds) de deux variétés de blé dur traitées par des doses croissantes de boues résiduaires

Les résultats de notre travail montrent que l'effet de boue est remarquable sur quelques paramètres étudiés. Effectivement, on a constaté une amélioration significative des cendres, des protéines et aussi acidité grasse. Cependant, pour la plupart des paramètres étudiés (les lipides, l'amidon et amylopectine), notre étude montre des valeurs inférieures par rapport au témoin. Ces résultats sont en rapport surtout avec la conservation des grains de blé. Concernant les métaux lourds fer et zinc les faibles teneurs observées sont reliés surtout à leurs faibles teneurs dans les boues et leur rétention par le sol.

Toutefois la présence des métaux lourds laisse supposer que l'utilisation de ce biosolide doit être faite avec beaucoup plus de précaution. Il faut bien diagnostique les boues avant leurs épandage et démontrer à travers tout les réseaux de démonstration l'effet positif et négatif issu de l'utilisation de cette matière pour bien protéger les consommateurs.

Références bibliographiques

- [1] Gate Philippe 1995. Écophysiologie de blé, Lavoisier. p : 54. Série documents techniques A.F.E.E. France n° 12
- [2] Sauer Jonathan D. 2001. Geography of Crop Plants. A Select Roster, CRC Press. P: 12.
- [3] Guadagnuolo R, Savova Bianchi D, Felber F .2001. Specific genetic markers for wheat, spelt, and four wild relatives: comparison of isozymes, RAPDs, and wheat microsatellites, Genome .(44) .p:110.thèse de doctorat .Université de Cadi Ayyad.
- [4] Hubert, Jouve et Daoudi.2001.Bioclimatologie concepts et applications de santé de parces vauv. p : 116.thèse de doctorat. Université de Nancy 1, France.
- [5] Grignac, 1965. La culture et l'amélioration génétique de blé dure .guide nationale de l'agriculture .T III : p279-289.
- [6] Colnenne et al. 1988. Développement d'attributs physiologiques associés avec un haut rendement et un stade vert –green phenotype in wheat .*Australian journal of agricultural research* .59:p354-364.Thèse de doctorat. Bretagne
- [7] Labdelli Amina. 2011. Etudes des effets des variations morpho-structurales de systèmes racinaires pour la tolérance de sécheresse de blé dur (Triticum durum Desf). Laboratoire de physiologie végétale .université d'Oran El-senia..p 155.mémoire d'ingénieur.
- [8] Brame, V. Septembre 2013. Qualité des blés durs français édition. ARVALIS - Institut du végétal. P2.fiche technique no5.
- [9] Vilmorin-Andrieux et Cie.2001 .Les meilleurs blés, catalogue descriptif et comparatif des froments. Paris (1880 et 1909).p :15.
- [10] Wided Oudjani. 2009. Diversité de 25 géotypes de blé dur (Triticum durum Desf.) : étude des caractères de production et d'adaptation. Université Mentouri de Constantine.p :55.mémoire de la licence.
- [11] Hamel Lyliia. 2010. Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques. Université Mentouri Constantine.p :60. Mémoire de la licence.
- [12] Brouillet L., F. Coursol, M. Favreau. 2006. The database of Canadian vascular plants.Herbier.Marie-Victorin, Institut de recherche en biologie végétale, Université de Montréal. p : 50.

Références bibliographiques

- [13]. Ouanzar Siham. 2012. Etude comparative de l'effet du semis direct et du labour conventionnel sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf.). p : 74. Mémoire d'ingénieria .Université Ferhat Abbas Sétif.
- [14] Feldman M. 2001. Origin of Cultivated Wheat. In Bonjean A.P. et W.J. Angus. (éd.). The World Wheat Book: a history of wheat breeding. Intercept Limited. Andover. .p: 12. article. Angleterre.
- [15] Latreche Filali. 2011. Le rendement et l'efficience d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous les effets du précédent cultural et de l'outil de labour du sol en environnement semi-aride. p : 56- 57. Mémoire de la licence .Université Ferhat Abbas –Sétif.
- [16] Soltner, D. 2005- La base de la production végétale Tom I. Le sol et son amélioration 24eme Edi. P : 72. Collection science et technique agricole.
- [17] Zadoks, J.C., Chang, T.T. and Knzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stage of cereals. (14).p: 415-421. Weeds Research.
- [18] Morsli Lakhdar. 2010. Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. p : 111. thèse de doctorat Universités Beji Mokhtar Annaba.
- [19] Gate .1995. Ecophysiologie de blé. p : 429. Edit Lavoisier paris techniques et documentations.
- [20] Large.E.C. 1954. Growth stags in cereals illustration of feekes scale plant pathology (3).p:128-129. Revue N°5. Angleterre.
- [21] Karou M, Haffid R., Smith D.N. et Samir K. 1998. Roots and shoot growth water use and water use efficiency of spring durum wheat under early – season drought. (18).p:186. fiche Agronomie n 18.
- [22] Belaid D. 1986. Aspects de la céréaliculture Algérienne. Ed .OPU, Alger. P: 21. Rapport no 3.
- [23] Papadakis J.S. 1938 - Ecologie agricole .Eds Jules Duculot .Gembloux. P: 30. revue no 7 Paris.

Références bibliographiques

- [24] Bahlouli F., Bouzerzour H. et Benmahammed A. 2005. Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi – arid conditions. P: 360 –365. *Pakistan Journal of Agronomy*.
- [25] Abassenne F, Bouzerzour Het Hachemi L. 1998. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi – aride d'altitude. (18).p: 24 -36. *Annales Agronomiques*. INA
- [26] Mazouz L. 2006. Etude de la contribution des paramètres phéno-morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans l'étage bioclimatique semi – aride. p : 96. mémoire de master .Université Hadj Lakhdar, Batna.
- [27] Wardlaw I.F. 2002. Interaction between drought and chronic high temperature during kernel filling in wheat in a controlled environment. (90).p:469-476. *Annals of botany*.
- [28] Ait-Slimane-Ait-Kaki Sabrina. 2008. Contribution à l'étude de l'interaction génotype x milieu, pour la qualité technologiques chez le blé dur en Algérie. p : 88-95. Mémoire de la licence .Universités Beji Mokhtar Annaba.
- [29] Hacini Nesrine. 2014. Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. p : 58. Mémoire de master .Universite Badji Mokhtar –Annaba.
- [30] Zeghida A., Amrani R., Djennadi F., Ameroun R., Khldoun A.A. et Belloucif M. 2004. Etude de la variabilité de réponse des plantules de blé dur (*Triticum durum* Desf) à la salinité. p: 15 .Rapport de Céréaliculture. ITGC no 42. Constantine.
- [31] Chaker A, 2003. Etude de l'effet des stress thermiques (chaleur et froid) sur quelques paramètres physiologiques et biochimiques du blé dur (*Triticum durum* Desf).p :122. Thèse de magister université d'Annaba.
- [32] Soltner D. 1990. Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées prairies. p :20-39. *Phytotechnie spéciale –17ème édition*. Eds Sciences et technologies Agricoles.
- [33] Hemery Y, Rouau x, Lullien-Pellerin V, Barron C, Abecassis J. 2007. Dry processes to develop wheat fractions and products with enhanced nutritional Quality. P: 327-347. *Journal of Cereal Science-Elsievier*
- [34] Dib Ahlem. 2013. Aptitudes technologiques et culinaires de pâtes alimentaires enrichies au germe de blé. p : 44. Mémoire de la licence Université Constantine 1.
- [35] Batifoulier F.V, M.A. Chanliaud, E. Remesy, C. Demigne. 2005 .Effect of different breadmaking methods on thiamine, riboflavin and pyridoxine contents of wheat bread. 42(1) p: 101-108. *Journal-of-Cereal-Science*

Références bibliographiques

- [36] Slavin j.L, Martini M.C, Jacobs D.R, Marquart L.1999. Plausible mechanisms for the protectiveness of whole grains. (70). P: 459–463.*American Journal of Clinical Nutrition*.
- [37] Shewry. P.R, 2009. The Health grain programme opens new opportunities for improving wheat for nutrition and health. 34(2).p: 225–231.*Nutrition Bulletin*.
- [38] Kumar P, Yadava R.K, Gollen B, Kumar S, Verma R.K, Yadav S.2011. Nutritional Contents and Medicinal Properties of Wheat.55 (22).p:215.*Life Sciences and Medicine Research*, LSMR.
- [39] Jones J.A.2006. Grain-based foods and health.(5).p:108-113.*Cereal Foods World*.paris.
- [40] Simmond D.H, 1989. Inherent Quality Factors in Wheat, Wheat and Wheat Quality in Australia. P: 31–61. Australia Wheat Board, Melbourne.
- [41] HariPriya S, Premakumari S.2010. Effect of wheat bran on diabetic subjects. 3(3) .p: 41. *Indian Journal of Science and Technology*.
- [42] Beta T, Man S, Dexter J.E, Sapirstein H.D.2005. Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. (82).p: 390–393.*Céréale Chemistry report*
- [43] Table Ciqual 2012.
- [44] Christian Rémésy et Fanny Leenhardt. 2014. L'amélioration de la valeur nutritionnelle des pains bio. p : 15.Article .Unité de Nutrition Humaine, INRA Theix.
- [46] Hacini Nesrine. 2014. Etude de l'interaction Génotype X Environnement et effet de l'origine de quelques cultivars de blé dur (*Triticum durum* Desf) sur les aptitudes adaptatives et qualitatives. p : 102 .Mémoire de master .Université badji mokhtar –Annaba.
- [47] Guerfi Zouleikha. 2012. Impact de l'utilisation des boues résiduaires sur les propriétés physico-chimique des sols de la haute Vallée de la Medjerda wilaya de Souk Ahras impacte' utilisation des boues résiduaires sur les propriétés physico chimique des sols de la haute Vallée de la Medjerda wilaya de Souk-Ahras. p : 111-130. Mémoire de master. Université badji mokhtar –Annaba.
- [48] Boues de Station d'Épuration : Techniques de traitement, Valorisation et élimination Série Technique DT 51. AMORCE. Novembre 2012. Tunisie .séminaire .
- [49] A. Léonard, T. Salmon, L. Fraikin, M. Crine. 2012. Procédés de traitement des boues de station d'épuration. Laboratoire de Génie Chimique. Paris .p :42.fiche technique N°5.
- [50] Alain ALLIÈS - Jean-François. 2013. Blé dur Les bases de la culture. ARVALIS - Institut du Végétal Rédaction. Paris : 12. Fiche technique N°7.

Références bibliographiques

- [51] Gestion des boues de stations d'épuration Co traitement avec les déchets ménagers Série Technique DT. N°52. AMORCE .Novembre 2012.
- [52] impacte de l'épandage agricoles des boues résiduaires urbains sur la qualité de la production céréales en particulier sur l'aspect des éléments traces métalliques. p : 42.rapport .Laboratoire Pisson cyril2000.paris.
- [53] Feddane Zohra, Halimi Kheira. 2014. Éléments de contexte et réglementation française relatifs à La valorisation des boues issues du traitement des eaux usées .p : 102. Mémoire de master .Faculté des sciences - département de chimie organique industrielle. Constantine.
- [54] Françoise Fénéon. 2014. Valorisation des boues de la station d'épuration du complexe gp1/z en engrais. p : 125. Thèse de doctorat Faculté des sciences - département de chimie organique industrielle. Paris.
- [55] A. Loué. 1970. SCP le document technique n °7 de la fumure et qualités. p : 5.
- [56] Ali chafai, Elalouf. aout 2007. Transfert de technologie en agriculture .p : 12. Bulletin mensuelle d'informations et de laissons du PNTTA.
- [57] Louis Jestin. Novembre 2007. Les bonnes pratiques d'épandage du fumier. p : 5 .Article de Chambre d'agriculture. Paris.
- [58] Slavin.C. Epandage des boues et fertilisation raisonnée .Mai 2011. 4èmes rencontres nationales de l'organique – Calais .SYPREA (Syndicat des Professionnels du Recyclage En Agriculture).
- [59] Ladjel Farid, Abbou Sonia .2005. Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie. p : 75.rapport .Office nationale de l'assainissement. Oran.
- [60] Colin. 1980. Connaissances actuelle en matière d'étatisation agricole des boues résiduaires urbaines édition IRH. p : 37-54. revue N°5 .paris.
- [61] Wiart et Verdier. 2004. poisson Teneur en ETM des boues Teneur en ETM des boues résiduaire de station d'épuration françaises .TSM 12.p : 913-922.
- [62] Adam. 1997. Epandage des boues d'épuration urbaines : aspects et environnement. p : 321. édition ADEM actes définitifs des journées technique 5 et 6 juin .paris .
- [63] Morsli lakdar. 1998. Encyclopédie ENCARTA pdf.

Références bibliographiques

- [64] Morsli Lakhdar. 2010. Adaptation du blé dur (*triticum durum* desf) dans les conditions des hautes plaines constantinoises. p : 66-80.Mémoire de la licence .Université badji mokhtar –Annaba.
- [65] Marché du blé dur ; Analyses et perspectives. Les Études de France AgriMer. Édition février 2013.
- [66] Cotton B. fève 2000.20 ans d'exportation de blé français vers l'Algérie – Symposium blé 2000 – Enjeux et stratégies – Alger. p : 7-9.journées technique.
- [67] Bourras. 2001. L'Effet du stress hydrique sur les composantes du rendement de quelques génotypes de blé dur. p : 102. Thèse de Magistère .INA El Harrach.
- [68] Kormanik, R.A.2010.Estimating solids production for sludge handling Water and Sewage Works.P: 72-74. Rapport du contrat 4084/93. Ministère de l'environnement, Bretagne.
- [69] Amadou, H.2011.Modélisation du séchage solaire sous serre des boues de stations d'épuration urbaines. p : 115.Thèses de doctorat, Université Louis Pasteur.
- [70] Echab, A.2012.Réutilisation des boues de stations d'épuration des eaux usées en agriculture : Impact des métaux lourds. Thèse 3e Cycle. p : 80-83.mémoire magistrat. Université Cadi Ayyad, Fac. Sci.Semlalia, Marrakech, Maroc.
- [71] Tauzin, C, Juste. C. 1986.L'effet de l'application à long terme de diverses matières fertilisantes sur l'enrichissement en métaux lourds des parcelles. p : 122. Rapport du contrat 4084/93. Ministère de l'environnement, France.
- [72] Suh, Y.J. and. Roussaux, P. 2002. An LCA of Alternative Waste Water Sludge Treatment Scenarios', Resources, Conservation and Recycling. (35). P: 191 – 200.mémoire de master. INSA Toulouse
- [73] Loue, A. 1993. Oligo-éléments en agriculture. Paris: Editions Nathan. 2 éd. P: 277.thèse de doctorat. Université Montorial.Paris
- [74] Ma I.Q, Rao G.N. 1997.Chemical fractionation of cadmium, copper, nickel, and zinc in contaminated soils. - J. Environ. Qual. 26(1). P: 259-264. . Revue N°8 Paris.

Références bibliographiques

- [75] Godin, P. 1982. Sources de contamination et enjeux. Elements trace et pollution des sols. P: 3. Séminaire. Paris.
- [76] Miller R.W, Azzari A.S, Gardiner D.T. 1995. Heavy metals in crops as affected by soil types and sewage sludge rates. Commun, Soil Sci. 26(5-6). P: 703-711. Plant Anal.
- [77] Ademe.2001. Les boues chaulées des stations d'épuration municipales: production, qualité et valeur agronomique. p : 224. revue N5. Ademe édition, Paris.
- [78] Sedki, A. 1995. Étude écotoxicologique de la contamination de deux chaînes alimentaires terrestres dans la palmeraie périurbaine de la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech. P: 140. Thèse de Doctorat. Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, Maroc.
- [79] Sommers, L.E, Nelson, D.W, Terry, R.E, Silveira, D.J.1967. Nitrogen and metal contamination of natural waters from sewage sludge disposal on land. Rapport. N.T.I.S.
- [80] Morel, J. 1977. Contribution à l'étude de l'évolution des boues résiduelles dans le sol. p : 117. Thèse de Docteur Ingénieur. Université de Nancy 1, France.
- [81] Gamrasni, M.A. 1979. Utilisation agricole des boues résiduelles d'origine urbaine. P: 73-92. article.
- [82] White, R.K. Hamdy, M.Y. 1972. Sludge Disposal on Agricultural Soil Eng. Bull of Purdue. P: 191-201. Univ. N° 141. Paris.
- [78] Smith, J.L, Houk, C.P. 1977. Land application of sewage sludge has been troubled by objections but tests at the University of Colorado show that Subsurface Injection solves sludge problems Water and Wastes Eng. revue n°9. P: 46-48. Bretagne
- [83] Hidlebaugh, A.R. 1973. Soil limitations in Applying Treated Waste Water Effluent .fiche technique no 4.
- [84] Bougrier, C. 2005 .Optimisation du Procédé de Méthanisation par Mise en Place d'un Co-Traitement: Application au Gisement de Biogaz Représenté par les Boues d'Épuration des Eaux Usées. p : 151 .Thèse de doctorat, INSA Toulouse.
- [85] Coïc, Y. Coppenet, M. 1989. Les oligo-éléments en agriculture et élevage. Incidences sur la nutrition humaine. p : 114. Paris. Thèse. INRA.

Références bibliographiques

- [86] Daira S, Bensoltane M, Djebbar Y, Abida H. Juin 2009 .Gestion de la production de la boue dans la STEP de Souk-Ahras en utilisant le modèle STOAT. Pages 16 – 23.Revue Nature et Technologie. N° 01.
- [87] Menbraham M, Cenaix L, Carnus J. M, Timbal J, Chossat J.D, Scheifler R, Gomot de Vaufleury A, Badot P. M., Tricot A, Lolive J. 2003. Effets environnementaux des épandages de boues de stations d'épuration en plantation de pin maritime .Dossier de l'Env. (25).p : 105.
- [88] Bermejo M., 1998 Compostage des Boues de Station d'Épuration Urbaine en France. Fiche technique no 4.INSA Toulouse, Sciences et Techniques.
- [89] Reverdy A.L *et al.* La méthanisation des boues d'épuration urbaines, état des lieux en France et étant de l'art .p :12.TSM n°5, mai 2012.
- [90] Présentation des Guides des Bonnes Pratiques pour la Production et l'Utilisation des Boues, CEN/TC 308, TSM n°1, janvier 1999.
- [91] ADEME.1995.Les micropolluants métalliques des boues résiduelles des stations d'épuration urbaines, Ademe édition, Paris. p : 209.
- [92] BRAME, V.1986.les procédés physico-chimiques d'épuration des eaux usées urbaines. Série documents techniques A.F.E.E. France n° 42.
- [93] Echab, A.1998.Réutilisation des boues de stations d'épuration des eaux usées en agriculture : Impact des métaux lourds. Thèse 3e Cycle, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, Maroc, p. 80-83.
- [94] Dudkowski, A.2000. L'épandage agricole des boues de stations d'épuration d'eaux usées urbaines. p : 134-135.Courrier de l'Environnement de l'INRA.
- [95] Gabarda, O.D.2000. Les boues de station d'épuration d'eaux usées urbaines: les filières alternatives à l'épandage. P. 58-60.Paris.Une approche socio-économique du Club Environnement et Société. Ecrin.
- [96] Gamrasni.M.A.1979 .Utilisation agricole des boues résiduelles d'origine urbaine. Revue no 2. P : 73-92.
- [97] Guy, A.2003. Les boues d'épuration et leurs perspectives de gestion en Île-de-France. TSM-EAU, 72, n°5. P : 203-210.
- [98] Singh *et al.*2004.Oligo-éléments en agriculture. Revue .p: 577 .Editions Nathan. Paris.

Références bibliographiques

- [99] Jarde.E .2002 .composition organique de boues résiduares de stations d'épuration lorraines : caractérisation moléculaire et effets de la biodégradation. *Environmental Science and Technology* (30) N°1 .P : 72-80.
- [100] Su et al. 2004. Les caractéristiques physicochimiques des boues résiduares et leur utilisation dans les sols .p : 55. *Revue no5.Belgique.*
- [101] Jerome, G nd. 5 avril 2001.Lutte contre la pollution des eaux. Valorisation énergétique des boues. P : 509-514.*J Environ.Qual. N°4.*
- [102] Gove et al.2001. Actualisation des connaissances sur les éléments biologiques et minéraux persistants dans les boues des stations d'épuration. Impacte sur la santé publique. p : 52- 62.*revue no 6.paris.*
- [103] Mc .Bride.2003. Effet à long terme d'apports d'engrais minéraux et de fumier sur les teneurs en C et en N des fractions densimétriques et des agrégats. (77) .p: 351-358.*Canadian Journal of Soil Science.*
- [104] Pérez et al. 2001. Étude comparative des effets de différents résidus organiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques reliées à la qualité des sols. p : 80. Mémoire. Université Laval.
- [105] Baize,et al.2006 . Recovery of 15N-labeled fertilizer by spring bread wheat at different N rates and application times. (74) .p: 279-285 .*Canadian Journal of Soil Science.*
- [107] Laurent et al.2005 .Long-term fertilization, manure and liming effects on soil organic matter and crop yields.*Soil Tillage. (4).*p: 397-409.*Revue.*
- [108] Ali Chafia Elalaoui.2000 Estimation du taux d'utilisation du potentiel de production des terres à blé dur dans le Nord de la wilaya de sétif. Thèse. Ing. INA. El Harrach. p : 317.
- [109] Albouchi et al. 2000 Comportement hydrique, activité photochimique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*T. durum* Desf.) : Symposium blé 2000 : enjeux et stratégies. p : 156.
- [110] Bajji et al. 2001 Valeur industrielle des blés durs Tunisiens et méthodes utilisées pour appréciation. *Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie.* (19).p : 123.
- [111] Meklich et al .2003 Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy.*(20), P : 430.
- [112] Scofield et al .2002 Measurement of Gliadin and Glutenin Content of Flour by NIR Spectroscopy.*Journal of Cereal Science* (34).p: 133.

Références bibliographiques

- [113] Anderson. 1981. Typologie de la sécheresse et recherche d'indicateurs d'alerte en climat semi-aride Marocain. Sécheresse n°9. p : 269-276.
- [114] Feuillet. 2000. Quelles stratégies pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficit hydrique des céréales d'hiver. Journées Scientifiques de l'AUPELF : " Amélioration des plantes pour l'adaptation au milieu aride". Tunis, 4 -9 Décembre.
- [115] Miller *et al.* 1995. Miller. Metals in crops as affecte'd by soil types and sewage sludge rates. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 26). p : 703.
- [116] Raiffaud .2001.Mixing properties of durum wheat semolina as influenced by protein quality and quantity. Food and Technology.(6) N°. 1. p : 140.
- [117] Bouzerzour et al. 2000 .Caractérisation physico-chimique du mitadinage chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.).Ind. Céréales.P :131.
- [118] Morel.1981. Statistique théorique et appliquée. Tome 02. Inférence statistique à une et à deux dimensions. Bruxelles. Université D&L. p : 659.
- [119] Heller *et al.*. 1998. Durum wheat quality in Mediterranean environments. I. Quality expresión under different water regimes across Spain. Field Crops Res. (80).p:123.
- [120] Hemingway.D. 1999. Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les Variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) ; Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement. Thèse Docteur Ingénieur Sciences Agronomiques. ENSAM. p : 142.
- [121] Antolin, M.C., Inmaculada,P.,Garcia,C., Polo,A.,Sanchez, M.D., 2005. Growth, yield and solute content of Barley in soils treated with sewage sludge under semi arid Mediterranean conditions. Field Crop Research. (94).p : 237.
- [122] Grimaud. 1996 .Valeur d'utilisation des blés durs C.R. Semaine d'étude céréaliculture Gembloux.p :560.
- [123] Djekoun et al. Aout 2007. Fertilisation minérale des cultures. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA N°155. Ecole nationale d'agriculture de Meknès. p : 54.

Références bibliographiques

- [124] Jedidi, N., Hassen, A., Van Cleemput, O., M_Hiri, A., 2004. Microbial biomass in a soil amended with different types of organic wastes. *Waste Management and Research*. (22).p : 99.
- [125] Tamrabet, L. . 2010. Contribution à l'étude de la valorisation des eaux usées en maraîchage Thèse de doctorat en science Université Hadj Lakhdar –Batna. p : 147.
- [126] Guirard *et al* Lipids in pasta and pasta processing. In "lipids in cerea technology". Barnes P.J. Ed., Academic Press, London.p: 269.
- [127] Gate. 1995. Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles. Tome I. éd Deren et Cie.p: 241.
- [128] Kaan F., Branlard G., Chihab B., Borries C., Monneveux P. 1993. Prebreeding and breeding durum wheat germplasm (*Triticum durum* Desf.) for quality products. p: 33
- [129] Gate et al. 1996. Genotypic variation for stem reserves and mobilization in wheat. I. Post anthesis changes internode dry matter. *Crop Sci.* (46).p:735.
- [130] Pisson, C., 2000. Impact de l'épandage agricole des boues résiduaires urbaines sur la qualité des productions céréalières en particulier sur l'aspect des éléments traces métalliques. Mémoire d'Ingénieur Ecole National de la santé Public. Rennes. p : 102.
- [131] Hernandez J.A.Z., Santiveri F., Michelena A. and Pena R.J. 2004. Durum wheat (*Triticum turgidum* L.) carrying the 1BL/1RS chromosomal translocation : agronomic performance and quality characteristics under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*. P: 30.
- [133] Etude de la diversité allélique des protéines de réserve (gluténines et gliadines) en relation avec des tests technologiques appréciant la valeur d'utilisation du blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Thes. Doct. Univ d'Auvergne. France. P: 146.
- [134] Guilbot et al. 1985 Growth and yield responses of two contrasting barley cultivars in a Mediterranean environment. *Eur. J. Agron.* (4).p: 317.
- [135] Cooper P.J.M., Keating, J.D.H. and Hughes, G. 1983. Crop evapo transpiration - atechnique for calculation of its components by field measurements. *Field Crops Res.* (7).p:29.

Références bibliographiques

- [136] (Bottier, 2006) Comportement hydrique, activité photochimique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*T. durum* Desf.) : Symposium blé 2000 : enjeux et stratégies. p : 156.
- [137] Rot Kiewics, 2004. Étude comparative des effets de différents résidus organiques sur les propriétés physico-chimiques et biologiques reliées à la qualité des sols. Mémoire. Université Laval.p : 80.
- [138] Prasad et Hagemeyer.1999.Valeur fertilisante des boues mixtes de papetières (biosolides) dans des sols cultivés en maïs-grain, soya et orge. *Agrosol*, vol. 12, no1 : 25-34
- [139] Bottier.2006.Appréciation de la mobilité et de la biodisponibilité des éléments en traces du sol. *Science Sol*,(26).p: 113.
- [140] (ITCF et ONIC, 1995) Plant, element and soil properties governing uptake and availability of heavy metals derived from sewage sludge. *Water, Air and Soil Pollution*, (58).p : 237.
- [141] Casado vella et al. 2006. Evaluation of composted sewage sludge as nutritional source for horticultural soils , *Waste management*. (26). p : 956.
- [142] Mantovi,P.,Guido,B.,Giovanni ,T., 2005. Reuse of liquid, dewatered and composted sewage sludge on agricultural land: Effect of long term application on soil and crop. *Journal of Water Research* (39).p: 296.
- [143] Bar. 1995. Phénologie et production de blé dur en zone semi aride d'altitude – An.agro – INA el Harrach (18) .p: 36.
- [144] Popineau.1985. Influence de l'addition de différentes matières fertilisantes sur la biodisponibilité du cadmium, du manganèse, du nickel et du zinc contenus dans un sol sableux amendé par des boues de station d'épuration. *Agronomie*,(8).p : 904.

Références bibliographiques

[145] Vilain.1999. Détermination de quelques caractères agronomiques d'adaptation à la secheresse chez le blé tender et chez le blé dur. Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement – Agro (6) .p(583).

Annexe**Tableau .VII: ANOVA de l'humidité**

Effet	Tests Univariés de Significativité pour humidité (Feuille stat tahaa) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	5007,792	1	5007,792	12756,00	0,000000
genotype	32,033	1	32,033	81,60	0,000000
trait	2,708	4	0,677	1,72	0,184125
genotype*trait	6,110	4	1,528	3,89	0,017011
Erreur	7,852	20	0,393		

Tableau VIII: ANOVA des cendres

Effet	Tests Univariés de Significativité pour cendres (F) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,009937	1	0,009937	5845,412	0,000000
genotype	0,000003	1	0,000003	1,961	0,176700
trait	0,000811	4	0,000203	119,284	0,000000
genotype*trait	0,000054	4	0,000014	7,990	0,000000
Erreur	0,000034	20	0,000002		

Tableau. IX : ANOVA de l'azote

Effet	Tests Univariés de Significativité pour azote (Feuille stat tahaa) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,011525	1	0,011525		
genotype	0,000389	1	0,000389		
trait	0,001498	4	0,000375		
genotype*trait	0,000268	4	0,000067		
Erreur	0,000000	20	0,000000		

Annexe

Tableau. X: ANOVA des protéines.

Effet	Tests Univariés de Significativité pour protéines (Feuille stat tah.) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,374441	1	0,374441		
genotype	0,012632	1	0,012632		
trait	0,048677	4	0,012169		
genotype*trait	0,008714	4	0,002178		
Erreur	0,000000	20	0,000000		

Tableau .XI: ANOVA de l'amidon

Effet	Tests Univariés de Significativité pour amidon (Feuille stat tah.) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	8122,572	1	8122,572	1671,796	0,0000
genotype	0,742	1	0,742	0,153	0,7001
trait	119,611	4	29,903	6,155	0,0021
genotype*trait	37,992	4	9,498	1,955	0,1405
Erreur	97,172	20	4,859		

Tableau .XII: ANOVA de l'amylopectine

Effet	Tests Univariés de Significativité pour amylopectine (Feuille stat tah.) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	3872359€	1	3872359€	1,023555	0,323761
genotype	3791118€	1	3791118€	1,002081	0,328766
trait	151372181	4	3784304€	1,000280	0,430544
genotype*trait	151318422	4	3782960€	0,999924	0,430719
Erreur	756649384	20	3783246€		

Annexe

Tableau XIII : ANOVA de l'acidité grasse

Effet	Tests Univariés de Significativité pour acidité grasse (Feuille Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace)				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,000533	1	0,000533	616,3333	0,000000
genotype	0,000000	1	0,000000	0,0000	1,000000
trait	0,000020	4	0,000005	5,7083	0,003118
genotype*trait	0,000005	4	0,000001	1,4583	0,252032
Erreur	0,000017	20	0,000001		

Tableau XIV : ANOVA des lipides

Effet	Tests Univariés de Significativité pour lipides (Feuille stat tahaa) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	136,8535	1	136,8535	1246,011	0,000000
genotype	8,5867	1	8,5867	78,180	0,000000
trait	5,1615	4	1,2904	11,749	0,000045
genotype*trait	0,5806	4	0,1451	1,322	0,296148
Erreur	2,1967	20	0,1098		

Tableau XV : ANOVA du Fer

Effet	Tests Univariés de Significativité pour Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,000077	1	0,000077		
genotype	0,000001	1	0,000001		
trait	0,000016	4	0,000004		
genotype*trait	0,000002	4	0,000000		
Erreur	0,000000	20	0,000000		

Tableau XVI: ANOVA du Zinc

Effet	Tests Univariés de Significativité pour zn (Feuille stat tahaa) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition de l'hypothèse efficace				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,000043	1	0,000043		
genotype	0,000001	1	0,000001		
trait	0,000002	4	0,000000		
genotype*trait	0,000002	4	0,000000		
Erreur	0,000000	20	0,000000		

Annexe

Tableau XVII: Les groupes obtenus selon le test de TUKEY

Paramètre \ effet	effet génotype	Effet traitement
Humidité	$MBB = waha$	$N=B1=B2=B3=T$
Cendres	$MBB = waha$	$B2,B3>N> T,B1$
Azote	$MBB <waha$	$T<N, B1< B2<B3$
Protéines	$MBB<waha$	$T<N B1<B2<B3$
Lipides	$MBB<waha$	$B3, B2, B1<B1, N, <N, T$
acidité grasse	$MBB=waha$	$B1, B3, B2>B3, B2, T, N$
Amidon	$MBB=waha$	$B1, N, B2<N, B2, B3<B2, B3,T$
Amylopectine	$MBB=waha$	$N=B1=B2=B3=T$
Fer	$MBB<waha$	$B1, B2 < B3, N< T$
Zinc	$MBB<waha$	$N, B2, B3 <T, B1$

1 : *Waha*, 2 : *Mohammed Ben Bachir (MBB)*.

Les niveaux : 1:T ,2 : N ,3 :B1 ,4 :B2 ,5 :B3.

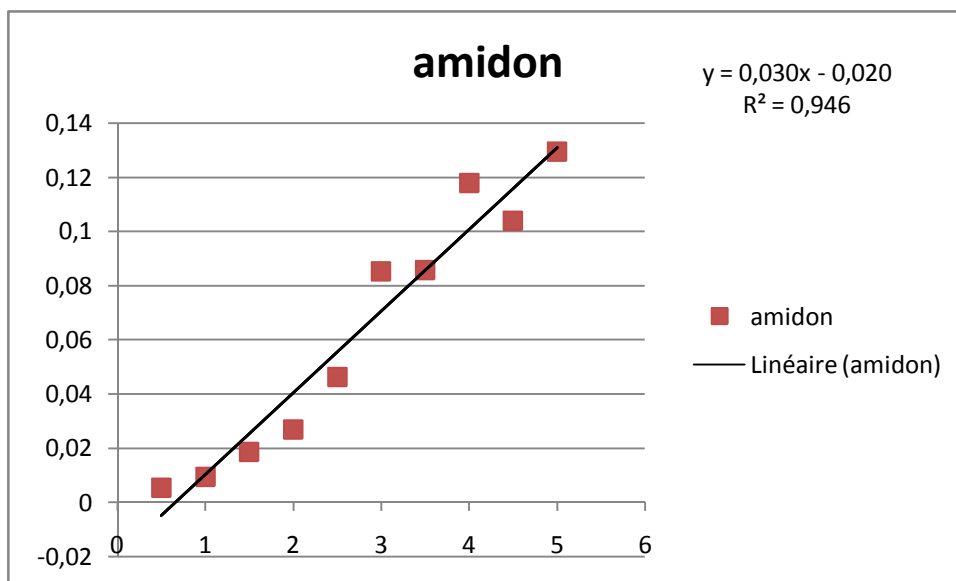


Figure.30. La courbe d'étalonnage de l'amidon.

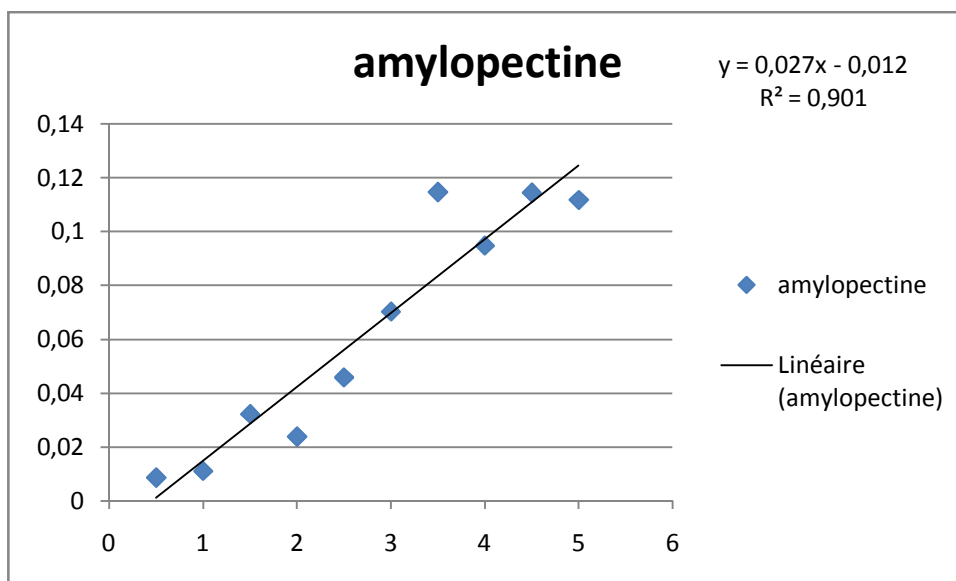


Figure.31. La courbe d'étalonnage de l'amylopectine.

Z8AKA