



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

ABDANI Ikram & BAKHTI Asma

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité: CONTRÔLE DE LA QUALITÉ DES ALIMENTS

THÈME :

**Composition biochimique et nutritionnelle de
différentes variétés de blé commercialisé en Algérie**

Soutenues publiquement le : 22/06/2017

DEVANT LE JURY :

Président : BOUZOUINA M.	M.C.A	Université de Mostaganem
Encadreur : BEN ABDELMOUMENE D.	M.C.B	Université de Mostaganem
Examineur : LABDAOUI D.	M.C.B	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2016/2017

Le thème est réalisé au niveau du laboratoire de Biochimie-1 et le laboratoire de recherche (in vitro)

-Université de Mostaganem-

1. Origine et historique de blé

Trois céréales blé, riz et maïs constituent la base alimentaire des populations du globe.

Durant le développement de la civilisation indo-européenne, le blé est devenu la principale céréale des peuples occidentaux sous climat tempéré (**Henry et De Buyser, 2001**). Le blé est l'une des principales ressources alimentaires de l'humanité. La saga du blé accompagne celle de l'homme et de l'agriculture ; sa culture précède l'histoire et caractérise l'agriculture néolithique, née en Europe il y a 8000 ans. La plus ancienne culture semble être. Le blé tendre est apparu entre 5000 et 6000 ans avant Jésus-Christ dans le croissant fertile puis s'est dispersé à partir de la Grèce en Europe (**Doussinault et al., 1992**). C'est à partir de cette zone que les blés ont été diffusés vers l'Afrique, l'Asie et l'Europe. La route la plus ancienne de diffusion des céréales vers les pays du Maghreb fut à partir de la péninsule italienne et de la Sicile (**Bonjean, 2001, Boulalet et al, 2007**).

En Algérie, Léon Ducellier (1878-1937) en particulier, parcourant le blé, fit au début du siècle le recensement d'une flore mal connue. Il découvrit et analysa les nombreuses variétés, qui peuplaient les champs cultivés, recueillit les échantillons les plus caractérisés, les plus productifs, les plus résistants à la sécheresse ou à quelques maladies. Le blé tendre était inconnu en Afrique du Nord avant l'arrivée des français (**Lery, 1982**). Les blés ont d'abord évolué en dehors de l'intervention humaine, puis sous la pression de sélection qu'ont exercée les premiers agriculteurs (**Henry et de Buyser, 2001**)

D'après **Sears (1954)** et **Okamoto (1962)** in **Auriau et al., (1992)**, **Belaid (1996)**, **Feillet (2000)** et **Henry et De Buyser (2001)**, les deux espèces des céréales les plus cultivées sont : Le blé dur (*Triticum durum*) : AABB (2n = 4x = 28) Tétraploïde ; Le blé tendre (*Triticum aestivum*) : AABB DD (2n = 6x = 42) Hexaploïde. La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Le croisement naturel *Triticum monococcum* (génomme A) X *Aegilops (bicornis, speltoïdes, longissima ou searsii)* (génomme B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoïdes*), qui a ensuite progressivement évolué vers *Triticum turgidum* ssp. *Dicocum*, puis vers *Triticum durum* [blé dur cultivé] (Figure 01). Les blés tendres cultivés (AABBDD) seraient issus d'un croisement, également naturel, entre *Triticum turgidum* ssp. *dicocum* (AABB) et *Aegilops squarrosa* (DD) (**Feillet, 2000; Henry et De Buyser, 2001**).

Tableau 1. Dates des principales preuves archéologiques liées à la culture des blés et trouvées au Levant(d'après **Feldman, 2001**)

Date par rapport à aujourd'hui	Période archéologique	Principaux événements concernant les blés
- 13000 - 10300	fin de l'Épipaléolithique (civilisation natufienne)	Collecte de formes sauvages d'engrain et d'amidonner – apparition des premières
- 10300 - 9500	Néolithique pré-potier A (PPNA)	Cultures de formes à rachis fragile d'engrain et d'amidonner
- 9500 - 7500	Néolithique pré-potier B (PPNB)	Apparition d'engrain et d'amidonner à rachis solide, de blé tétraploïde nu et de blé hexaploïde nu
- 7500 - 6200	Néolithique potier	Expansion de la culture du blé en Asie centrale, Europe du Sud et Égypte

2. Aspect botanique de plante de blé tendre

2.1. Description botanique

Céréale appartenant au genre *Triticum*, le blé a suivi le processus naturel de l'évolution. Cette plante annuelle de la famille des graminées existait à l'état sauvage il y a de cela des siècles. C'est une plante herbacée annuelle, monocotylédone, à feuilles alternes, formée d'un chaume portant un épi constitué de deux rangées d'épillets sessiles et aplatis. Les fleurs de cette plante sont nombreuses, petites et peu visibles. Elles sont groupées en épis situés à l'extrémité des chaumes. La fleur est cléistogame, c'est-à-dire qu'elle reste fermée, la pollinisation s'effectuant par autogamie qui est le mode de reproduction le plus fréquent chez les blés. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant (qui ne s'ouvre pas), appelé caryopse.

Il est cultivé pour faire la farine panifiable utilisée pour le pain. Ses grains se séparent de leurs enveloppes au battage. Communément dénommée blé tendre ou tout simplement blé, cette espèce a connu une très grande dispersion géographique et est devenue la céréale la plus cultivée. La sélection moderne, initiée à la fin du XIX^e siècle par Henry de Vilmorin, s'est concentrée sur trois axes : la résistance aux aléas climatiques, la richesse en protéines, notamment le gluten pour la panification, et bien entendu le rendement. (**Armand et Germain, 1992**)

2.2. Classification botanique du blé tendre

Règne	végétal <i>Plantae</i>
Sous-règne :	<i>Tracheobionta</i>
L'embranchement :	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	: <i>Liliopsida</i>
Sous-classe	: <i>comelinidae</i>
Ordre :	<i>Cyperales</i>
Famille :	<i>Poaceae</i>
Sous-famille :	<i>pooideae</i>
Tribu :	<i>Triticeae</i>
Genre :	<i>Triticum</i>
Espèces :	<i>Triticumaestivum</i> (Blé Tendre). (Bonneuilet al, 2009)

3. Cycle végétatif du blé

Le cycle biologique de la vie de la plante se répartit aux stades suivants :

- **Germination et levée** : Au début de la germination, la semence de blé est sèche. Après humidification, il sort une radicule, puis un coléoptile. Une première feuille paraît au sommet du coléoptile. La germination est uniquement déterminée par une somme de température 30C° base 0C° la levée commence quand la plantule sort de terre et que la première feuille pointe au grand jour son limbe.

- **Stade 3 feuilles** : Le stade 3 feuilles est une phase repère pour le développement du blé. Des bourgeons se forment à l'aisselle des feuilles et donnent des pousses appelées talles. Apparaissent alors, à partir de la base du plateau de tallage, des racines secondaires ou adventives, qui seront à l'origine de l'augmentation du nombre d'épis.

- **Tallage** : il est marqué par l'apparition d'une tige secondaire, une talle.

- **Montaison** : le bourgeon terminal se produit le début du développement de l'épi. Parallèlement, on assiste à l'allongement des entrenœuds. (Hadria, 2006; Bada, 2009)

3.1. Période reproductrice

- **Épiaison** : Quand la graine éclatée l'épi qui va s'en dégager peu à peu, on peut voir un gonflement de la graine. À ce stade, le nombre total d'épis est défini, de même que le nombre total de fleurs par épi. Chaque fleur peut potentiellement donner un grain par exemple 25 grains par épi.

- **Floraison** : S'observe à partir du moment où quelques étamines sont visibles dans le tiers, en dehors des glumelles. (Hadria, 2006; Bada, 2007)

3.2. Période de formation et de maturation du grain

a. Grossissement du grain

Cette phase marque la modification du fonctionnement de la plante qui sera alors orientée vers le remplissage des grains à partir de la biomasse produite. Au début, le grain s'organise, les cellules se multiplient. Les besoins des grains sont inférieurs à ce que fournissent les parties aériennes (plus de $\frac{3}{4}$ de la matière sèche sont stockés au niveau des tiges et des feuilles.). Par la suite, les besoins augmentent et le poids des grains dans l'épi s'élève, alors que la matière sèche des parties aériennes diminue progressivement. Seulement 10% à 15% de l'amidon du grain peuvent provenir de réserves antérieures à la floraison. À l'issue de cette phase, 40 à 50% des réserves se sont accumulées dans le grain qui, bien qu'il ait atteint sa taille définitive, se trouve encore dans vert et mou, c'est le stade (grain laiteux). L'autre partie des réserves se trouve encore dans les tiges et les feuilles qui commencent à jaunir. Les réserves du grain proviennent en faible partie de la photosynthèse nette qui persiste dans les dernières feuilles vertes. Chez les variétés tardives, cette quantité est de 12% contre 25% chez les précoces. La majeure partie des réserves accumulées vient des tiges et les feuilles jaunissantes, mais desséchées. (Gates, 1995)

b. Maturation du grain

La phase de maturation succède au stade pâteux (45% d'humidité). Elle correspond à la phase au cours de laquelle le grain va perdre progressivement son humidité en passant par divers stades. Elle débute à la fin du palier hydrique marqué par la stabilité de la teneur en eau du grain pendant 10 à 15 jours. Au-delà de cette période, le grain ne perdra que l'excès d'eau

qu'il contient et passera progressivement aux stades (payable à l'angle) (20% d'humidité) puis (cassant sous la dent) (15-16% d'humidité). (Gates, 1995)

4. Composition histologique

Le grain de blé est de forme ovoïde plus ou moins allongée, son examen révèle :

-une face dorsale plus ou moins bombée.

-Une face ventrale, comportant un sillon profond.

- à sa partie supérieure, de courts poils forment la brosse.

- à sa partie inférieure, le germe est visible sur la face dorsale.

-La couleur des blés varie du roux au blanc, en rapport avec le pays d'origine, le sol, la culture, et le climat.

(Leslie Jacquemin, 2012)

4.1. Morphologie et structure du grain de blé

Un grain de blé est formé de trois régions :

- **Albumen** : constitué de l'albumen amylicé (au sein duquel subsistent des cellules remplies de granules d'amidon dispersés au milieu d'une matrice protéique et dont les parois celluloses sont peu visibles) et de la couche à aleurone (80-85% du grain).

- **Enveloppes de la graine et du fruit** : formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (enveloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%).

- **Germe (3%)** : composé d'un embryon (lui-même formé du coléoptile, de la gemmule, de la radicule, du coléorhize et de la coiffe) et du scutellum.

Comparativement à d'autres céréales, du maïs et du riz en particulier, le grain de blé possède un sillon résultant d'une invagination des téguments vers l'intérieur du grain, sur toute sa longueur et du côté du germe ; les faisceaux nourriciers de la graine au cours de son développement sont localisés au fond de ce sillon. Sa présence détermine la manière dont s'opère la séparation de l'albumen et des enveloppes pour extraire les farines ; il rend en effet impossible, comme en rizerie, l'élimination progressive des téguments par abrasion des parties périphériques. L'extraction des farines nécessite de fragmenter les grains, puis d'isoler progressivement l'albumen à partir des zones les plus internes du grain, du centre vers la périphérie ; pour cette raison, les premières farines sont les plus purifiées.

La longueur du grain (plus grande dimension) est comprise entre 5 et 8 mm, sa largeur entre 2 et 4 mm, son épaisseur entre 2,5 et 3,5 mm, sa section longitudinale entre 10 et 16 mm², sa

section transversale entre 4 et 7,5 mm², son poids entre 20 et 50 mg et sa densité entre 1,3 et 1,4. (Feillet, 2000)

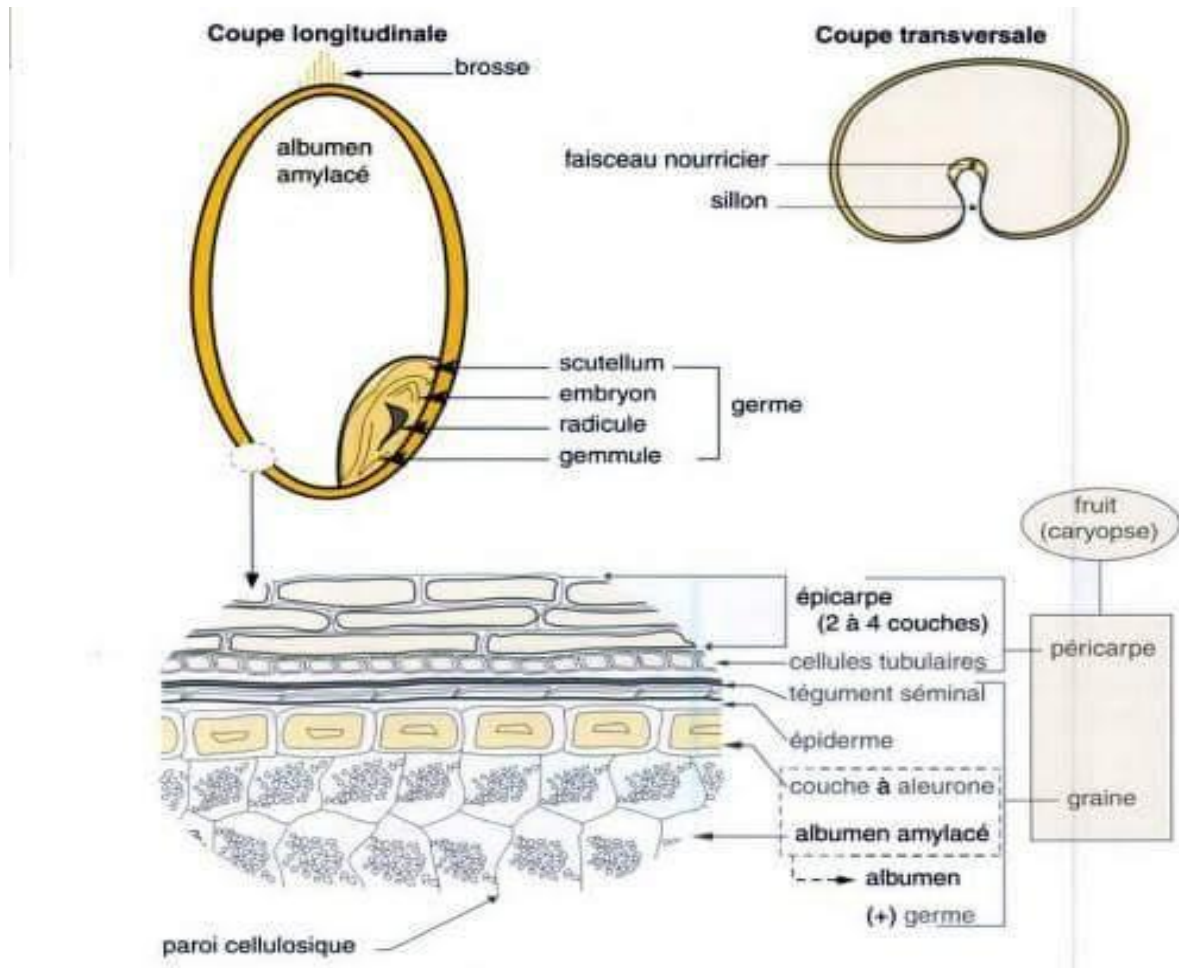


Figure 01 : Coupe d'un grain de blé (Feillet, 2000)

5. Composition chimique des différentes parties du grain de blé

Le grain est principalement constitué d'amidon (environ 70%), de protéines (10 à 15%) selon les variétés et les conditions de culture), les autres constituants, pondéralement mineurs (quelques% seulement), sont les lipides, la cellulose, les sucres libres, les minéraux et les vitamines (tableau 02).(Feillet, 2000)

Tableau 02 :composition chimique du grain de blé(Feillet, 2000)

Nature des composants	Teneur (%ms)
Protéines	10-15
Amidon	67-71
Pentosanes	8-10
Cellulose	2-4
Sucre libre	2-3
Lipides	2-3
Matières minérales	1,5-2,5

5.1. Différents constituants du grain de blé

5.1.1. Éléments principaux : glucides, lipides et protides.

Les glucides, surtout sous forme d'amidon, de très loin le constituant le plus important des céréales, et les lipides ou matières grasses, constituants majeurs des oléagineux, sont composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Les protides présents sous forme de protéines contiennent en plus de l'azote. D'une manière générale, les céréales sont peu riches en protéines, contrairement aux protéagineux (pois, féverole) et aux oléo protéagineux (colza, tournesol, soja). (Feillet, 2000)

a. Glucides.

Les glucides ou sucres se présentent sous la forme de quelques sucres simples, mais surtout de composés plus ou moins complexes de ces mêmes sucres simples tels que le glucose et le pentose. Le plus important est l'amidon qui est la substance énergétique par excellence,

facilement digestible. C'est le constituant majeur des céréales: 60 à 65 % du poids pour le blé et 70 à 73 % pour le maïs. La cellulose qui entre dans la composition du péricarpe est un glucide complexe, difficilement digestible par les monogastriques. **(Feillet, 2000)**

b. Gluten (protides ou protéines)

Le gluten est un matériel viscoélastique obtenu par lixiviation (lavage par l'eau) d'une pâte de blé tendre ou de blé dur. Principalement constitué de protéines (75 à 85% ms selon les conditions de fabrication), il contient également de l'amidon (8 à 10% ms), des sucres réducteurs (1 à 2% ms), des lipides (5 à 10% ms), et des matières minérales (1% ms). **(Feillet, 2000)**

c. Amidon (glucides)

L'amidon est le principal polysaccharide de réserve des végétaux supérieurs, représente 60 à 72 % à l'état naturel, dans l'amande, il se présente sous forme d'une poudre composée de granulés de tailles différentes. C'est l'un des polymères fonctionnels les plus importants des aliments en raison de son pouvoir gélifiant, viscosifiant et fixateur d'eau. **(Feillet, 2000)**

d. Protides et Protéines

Ce sont des composés azotés que l'on rencontre sous forme simple (acides aminés) et sous forme plus complexe (protéines). La teneur en protéines des céréales et des protéagineux varie suivant les espèces, elle est en moyenne de 43 % pour le soja, 12 % pour le blé, 11 % pour l'orge et seulement 10 % pour le maïs. Certains de ces acides aminés, telle la lysine, sont indispensables pour l'alimentation animale (substance nécessaire à la croissance). **(Feillet, 2000)**

Fraction protéique	solvants	Composition en %
Albumines	Eau	9
Globulines	Nacl 0,5M	8
Gliadines	Ethanol à 70%	43
Glutamiques	insoluble	40

Tableau 03: Fraction protéiques du blé. (Feillet., 2000)

e. Lipides

Ce sont les matières grasses. Dans les céréales elles sont fortement concentrées dans le germe. Le blé en contient 1 à 2 % et le maïs 5 %. Dans les oléoprotéagineux elles sont également présentes dans l'endosperme et en quantité plus importante: 22 % pour le soja, 45 % pour le colza et 50 % pour le tournesol. (Feillet, 2000)

4-1-2-Éléments secondaires

a. Pigments et les vitamines

Ce sont des composés chimiques complexes, surtout concentrés dans le péricarpe et le germe à des teneurs très faibles. Les pigments sont spécifiques à chaque espèce et même à chaque variété. Ils sont parfois associés à des vitamines (pigments caroténoïdes). (Feillet, 2000)

b. Enzymes

Ce sont aussi des substances complexes présentes en quantité négligeable, mais dont le rôle est très important: ils sont responsables des transformations que subissent les autres substances (hydrolyse de l'amidon et des protéines, destruction des sucres simples et des acides aminés). (Feillet, 2000)

b.1. Amylases

Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panaière sont la α amylase et β amylase la présence de la α amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de l'amylase a besoin d'être contrôlé soigneusement.

b.2. Lipases

Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanc.

b.3. Protéases

Enzymes agissant sur la structure des protéines ; leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable.

b.4. Lipoxydases

Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanc.

c. Eau

L'eau est toujours présente dans le grain, à une teneur plus ou moins grande. Du point de vue chimique et physique, son action solvant favorise les réactions enzymatiques et les attaques microbiennes lorsque sa teneur dans le grain dépasse un certain seuil. Le rôle de l'eau et les problèmes qu'elle engendre pour la conservation sont étudiés plus loin. (Feillet, 2000)

6. Culture de blé, offre et consommation

6.1. Dans le monde

Selon le CIC, la production mondiale de céréales en 2015/16 est en hausse de 10 millions de tonnes ce mois de février, essentiellement via le chiffre du maïs, et atteint ainsi 2 002 millions de tonnes (-1,8% par rapport à 2014/15).

La production mondiale de blé tendre en 2015/16 est de 731,8 millions de tonnes, soit une augmentation de 5% par rapport à la campagne 2014/15. Quant à la consommation et aux

échanges, ils ont augmenté respectivement en 2015/16 (soit 719,6 Mt et 152,3 Mt) (ONFAA, 2016)

La consommation alimentaire mondiale de céréales devrait se maintenir à la hausse avec 1 118 millions de tonnes en 2017-2018, la consommation mondiale moyenne per capita demeurant stable à 149 kg par personne environ. La part consacrée à l'alimentation animale devrait s'établir à 927 millions de tonnes, en augmentation de 0,6 pour cent seulement par rapport aux prévisions pour 2016-2017, soit une expansion notablement plus lente que les 3,0 pour cent escomptés pour cette même période. (FAO, 2017)

Tableau 4 : blé tendre, offre et consommation mondiale (ONFAA, 2016)

	2013/2014	14/15 estimation	15/16 prévision
Mt			25-févr
Blé tendre			
Production	678,1	693,5	731,8
Échanges	148,8	143,8	152,3
Consommation	661	680,6	719,6
Stocks de report	181,6	192,7	206,6
Princ.exportateurs : Canada, UE, Mexique, USA.			

6.2. En Algérie

Les céréales et leurs dérivés constituent l'épine dorsale du système alimentaire algérien. Effectivement, les céréales constituent la base du modèle de consommation alimentaire dans ce pays, comme dans la plupart des pays méditerranéens. 54% des apports énergétiques et 62% des apports protéiques journaliers provenaient de ces produits en 2003 et le blé représentait 88% des céréales consommées (Padilla et Oberti, 2000) (Kellou, 2008). L'Algérie se situe ainsi au premier rang mondial pour la consommation de blé avec plus de 200 kg en 2003.

À titre indicatif, selon la FAO le blé occupe environ 1,7 million d’ha, la production du blé pour la campagne 2014 a été de l’ordre de 2,4 (MT) Figure 2.

Les importations de blé tendre ont atteint 4,5 millions de tonnes (877 millions USD) lors des neuf premiers mois de l’année 2016 contre 4,9 millions de tonnes (1195 millions USD) à la même période de l’année dernière (soit une diminution de 8% en quantité et 26% en valeur).

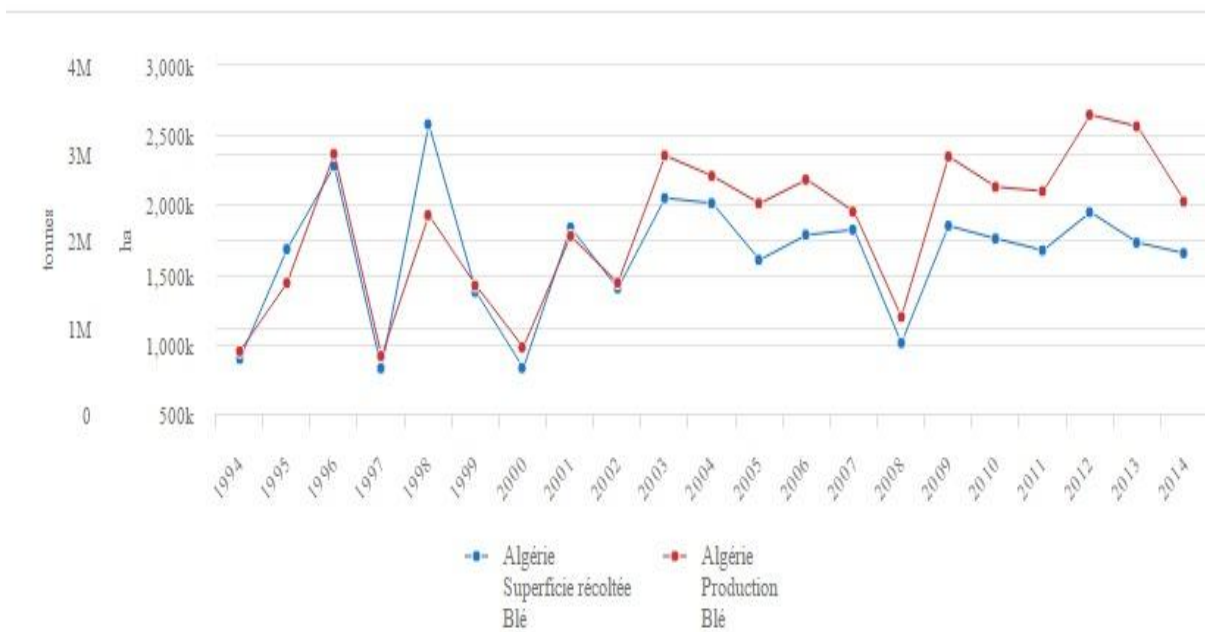


Figure 2 : Production/Rendement de Blé en Algérie (1994, 2014) (FAO, 2017)

1. Son de blé

Ce produit est obtenu au cours des opérations de transformation du blé en farine blanche destinée à l'alimentation humaine. Le son est particulièrement constitué du tégument externe du grain qui renferme des glucides pariétaux peu digestible pour la volaille.

1.1. Structure macroscopique et microscopique des sons de blé

Pour comprendre la structure du son, il faut tout d'abord aborder plus en détail la structure des tissus maternels qui constituent le tégument, enveloppe du grain de blé. Ces tissus maternels sont constitués, de l'intérieur vers l'extérieur d'une assise aleurone, du tégument séminal, du péricarpe et d'une coque externe (cuticule).

(Leslie Jacquemin, 2012)

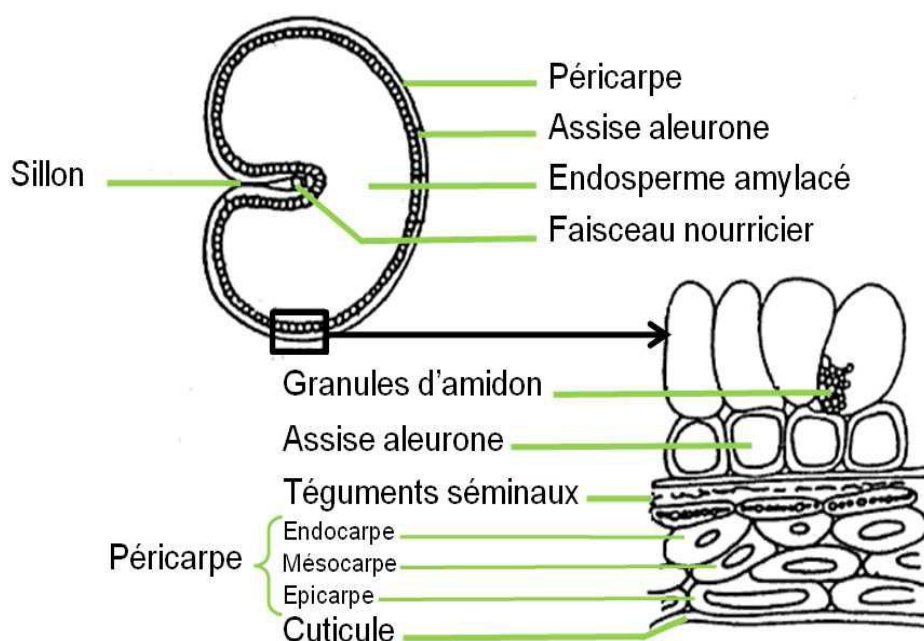


Figure 03 : Structure anatomique du son de blé.

(Leslie Jacquemin, 2012)

La couche nucellaire (assise aleurone) recouvre directement le grain et constitue le plan de clivage lors du broyage du grain de blé. Lorsque le grain est à maturité, cette couche d'une épaisseur de 7 μm environ, est composée de cellules à parois fines et non lignifiées qui adhèrent fortement aux couches voisines. Le tégument séminal est épais d'environ 5 à 8 μm et est lui-même formé de plusieurs couches lui conférant une bonne perméabilité à l'eau (une cuticule

interne, une couche contenant les pigments et une cuticule externe épaisse). Le péricarpe est lui aussi organisé en plusieurs couches:

- Le péricarpe interne qui comporte une couche de cellules tubulaires à parois lignifiées et d'une couche de cellules transversales étroitement liées présentant des parois lignifiées alvéolées ;
- Le péricarpe externe est formé d'une agglomération de cellules du parenchyme aplaties, recouvertes par l'hypoderme et l'épiderme. L'épiderme présente une cuticule relativement épaisse et subit une modification au niveau de l'apex du grain où les cellules deviennent excessivement épaisses pour former des cheveux qui constituent la brosse.

Enfin, la coque se compose de couches cellulaires provenant des tissus de la feuille,

Généralement éliminée lors du battage des céréales. (**Leslie Jacquemin**, 2012)

1.2. Composition chimique des sons de blé

Du fait des variétés, des origines et des maturités différentes des grains de blé, ainsi que des techniques de mouture et de conservation variées qui sont employées, les sons de blé peuvent présenter des compositions très variables. De plus, les méthodes de dosage mises en œuvre vont aussi influencer sur la précision des mesures. Aussi, les travaux recensant la composition chimique des sons de blé présentent une hétérogénéité forte.

Tableau 05. Composition chimique des sons de blé

	(Raynal-Ioualalen, 1996)		(Bataillon <i>et al.</i> , 1998)		(Maréchal, 2001)
	Son brut	Son désamidonné	Son brut	Son désamidonné	Son désamidonné
Cellulose*	9,2	15,5	11,0	25,0	18,7
Hémicelluloses*	37,0	60,0	19,0	45,0	62,3
Lignine*	6,7	8,0	6,0	3,0	3,8
Amidon*	20,0	Nd**	29,0	1,0	Nd**
Protéines*	14,8	15,2	14,0	9,0	15,6
Lipides*	Nd**	Nd**	6,0	6,0	Nd**
Matières minérales*	5,3	1,0	4,0	1,0	1,5

* Les résultats sont exprimés en % de la matière sèche.

** n.d. = non déterminé.

Les hémicelluloses sont, après l'amidon, les constituants majoritaires des sons de blé. Elles sont principalement constituées d'arabinoxylanes, comme en témoigne la composition en sucres simples. Par ailleurs, il peut être observé qu'une part non négligeable de protéines est présente, provenant de la couche aleurone. Une caractéristique de ces fibres de son est que la fraction en hémicelluloses est particulièrement importante (60 à 70 % de la somme des trois constituants de la fraction fibre) et que la fraction de lignine est peu représentée (généralement inférieure à 10 %) alors que la fraction cellulose est minoritaire. Une désamidonnage du son permet d'augmenter la proportion relative des hémicelluloses qui représentent alors la fraction majoritaire des constituants du son. (Zeitoun, 2011).

Tableau 06. Composition nutritive de son de blé

Matières sèche (%)	Protéines brute (%)	Cellulose brute (gr /Kg)	Calcium (gr/Kg)	Phosphore (gr/Kg)	Energie métabolisable (Kcal/Kg)
91.44	16.65	10.32	0.16	1.49	1700

Le son est constitué par l'enveloppe du caryopse, séparée de l'amande des céréales. Lors de la mouture des céréales, le son fait partie des issues, c'est-à-dire des résidus obtenus après séparation de la farine par tamisage ou blutage. En général, le taux de blutage est de 75%, c'est-à-dire qu'à partir de 100 kg de blé, on obtient 25kg d'issues, son et remoulage, et 75 kg de farine blanche. Le son contient notamment des constituants celluloses (fibres alimentaires), des protéines, des sels minéraux de l'acide phytique et des vitamines. Sa valeur nutritive le fait employer pour la fabrication des aliments concentrés pour les ruminants, porcs et volailles. Il est très riche en fibres.

Le son de blé est une bonne source d'acide linoléique, Il présente un contenu appréciable en protéines, composantes principales de l'albumen. Par conséquent, son contenu en lysine est le double de celui de la graine du blé elle-même. Cependant, sa digestibilité est nettement plus

inférieure. Le son de blé présente une valeur énergétique égale à 1750 kcal/kg et un coefficient de digestibilité des protéines de 76%. (Leslie Jacquemin, 2012)

2. Farine

La dénomination de la farine, désigne la farine de blé tendre tritium exclusivement la farine. Ce produit que l'on obtient avec la mouture de l'amande du grain de froment que l'on a broyée et nettoyée. (R. CALREL.1975)

2.1. Composition

A-L'eau

Moins de **16%** le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage.

(Feillet, 2000)

B-Matières grasse (lipides)

Représente 1.20 à 1.40, la présence des matières grasses influe sur les protéines mécaniques de La farine : plus une farine contient de matière grasse, moins sa force boulangère est importante. Un excès de matière grasse dans une farine peut avoir de sévères conséquences sur la conservation, car l'acidité produit par la matière grasse ranci et attaque le gluten on le dégradant.

(Feillet, 2000)

C-Matières minérales

Représente **0.45 à 0.60 %** les matières minérales sont peu importantes : potassium, Phosphore, Magnésium, soufre, la pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidus minéraux; les matières minérales de la farine sont le potassium, le phosphore, le magnésium et soufre. La pureté de la farine se juge d'après sa teneur en résidu minéral. Les Matières minérales de la farine apparaissent lorsqu'on calcine de la farine : après calcination, les résidus se retrouvent sous la forme de cendres. Comme les matières minérales existent en plus grande quantité dans les enveloppes du blé, onconclu que moins qu'il y a de cendres, plus que la farine est pure.

(Feillet, 2000)

D-Sucre (glucides)

Représente **1 à 2 %** en faible proportion, mais il joue un rôle important dans la fermentation. (Feillet, 2000)

E-Gluten (protides ou protéines)

Représente **8 à 12 %** le gluten se trouve uniquement dans le grain de blé. A L'état naturel, dans L'amande, il ne s'appelle pas gluten : ce sont deux matières la gliadine et la glutamiques qui associées à l'eau produisent le gluten.

(Feillet, 2000)

F-Amidon (glucides)

Représente **60 à 72 %** A l'état naturel, dans l'amande, il se présent sous forme d'un poudre composée de granulés de tailles différentes. Lorsque l'amidon est chauffé à **60 C°**, il se présente sous la forme d'une masse gélatineuse transparente et collante (l'empois d'amidon). L'amidon ne se dissout pas dans l'eau froide, ni dans l'alcool ni dans l'éther. (Feillet, 2000)

G- protéines

Sachant que la meilleure farine ne peut que donner un gluten de qualité supérieure. Cette sélection est indésirable, différents points entrent en jeu comme la quantité et la qualité des protéines ...etc. (Feillet, 2000)

H- vitamines

Une farine complète de blé tendre contient la totalité des vitamines initialement présentes dans le grain une farine dont le taux d'extraction est de 75 à 80 % contient environ 20 % de la vitamine (B6), 25 % de biotine, 30 % d'acide nicotinique (B1), 55 % de l'acide pantothénique (B12) et 70 % de la vitamine E. La teneur en vitamine B et notamment en vitamine B décroît très rapidement à mesure que la farine devient plus blanche. (Feillet, 2000)

I- enzymes

Les enzymes sont présentes en petites quantités dans la farine les plus courantes sont Les protéases, les lipases, les lipoïdoses, les amylases, les peroxydases et les catalases

I-1- protéases

Enzymes agissant sur la structure des protéines ; leur présence dans la farine est liée à la germination du grain qui n'est pas souhaitable.

I-2- lipases

Les lipases distribuent les caroténoïdes sous une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche.

I-3-lipoxydases

Les lipoxydases agissent sur les caroténoïdes par une réaction d'oxydation et entraînent une décoloration du pain qui devient blanche.

I-4- amylases

Les deux enzymes qui contrôlent la fermentation panair sont la β - amylase et α amylase la présence de la α amylase étant généralement constante et suffisante seule l'action de l'amylases a besoin d'être contrôlé soigneusement.

(F.BORNET.1992)

2.2. Différents types de la farine et utilisées

C'est par le poids des cendres contenu dans 100 grammes de matières sèche que l'on désigne.

Le chiffre du type indiquant le poids en gramme du résidu minéral contenu dans ces 100 grammes de farine. Il existe un certain nombre de type de farine bien déterminée.

T45 : Farine blanche utilisée pour la pâtisserie.

T55 : Farine utilisée pour le pain de campagne.

T65 : Farine blanche sert à faire le pain de campagne, ou tout autre pour dit tradition généralement issue de l'agriculture biologique cette dernière ne contient pas d'acide ascorbique (vitamine C)

T80 : Farine bise au semi complète utilisée couramment dans les boulangeries biologique sert à faire le pain semi complet.

T110 : Farine complète.

T150 : Farine intégrale est utilisée pour la fabrication du pain complet.

(BENHANI .Z.2013)

Tableau 07. Les types de farine

Type	Taux de cendre en%	Humidité (%)	Taux d'extraction Moyen correspondant
45	Moins de 0.5	15.5 %	67
55	De 0.5 à 0.6	15.5 %	75
65	De 0.62 à 0.75	15.5 %	78
80	0.75 à 0.9	15.5 %	80 –85
110	1.00 à 1.20	15.5 %	85 –90
150	Plus de 1.4	15.5 %	90 –98

(R. BOULEGHIE ; K. OUABED.2002).

1. Généralités

Les composées phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures varié qu'il est difficile de définir simplement (**Bruneton**, 1993). A l'heure actuelle, plus de 8000 molécules ont été isolé et identifié selon leurs caractéristiques structurales, ils se répartissent en une dizaine de classes chimiques, qui présentes toutes un point communs : la présence dans leurs structures d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonction hydroxyles (OH) (**Hennebelle et al.**, 2004). Ces espèces sont des monomères, ou polymères ou des complexes dont la masse moléculaires peut atteindre 9000(**Harbone**, 1993).

Ils sont divisés en plusieurs catégories : anthocyanes, coumarines, lignanes, flavonoïdes, tannin, quinons, acides phénols, xanthomes, et autres phloroglucinols où les flavonoïdes représente le groupe le plus commun et largement distribué. La grande diversité structurale des composés phénoliques rend difficile une présentation globale des méthodes qui permettent leur extraction et leur isolement, des processus mis en jeu au cours de leur biosynthèse, de leur propriétés physico-chimiques et biologiques. Les polyphénols sont présent par tout dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles de tous les végétaux. Les principales sources alimentaires sont les fruits et légumes, les boissons (vin rouge, thé, café, jus de fruits), les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs (**Charles M**, 2005).

Les légumes et les fruits contribuent environ pour moitié à notre apport en phénols, les boissons telles que les jus de fruites et surtout café, thé ou vin apportant le reste.

Les composées phénoliques ne sont nullement des produits inertes du métabolisme. Ils subissent dans les tissus végétaux d'importantes variations quantitatives et qualitatives et interviennent dans de processus vitaux les plus divers. Le mode de leur action et sa signification physiologique ne sont pas toujours claires. Un rôle important est attribué aux phénols dans la résistance des plantes aux maladies, du cotonnier à la maladie de flétrissement, la verticilliose (**Brzozowska et al.**, 1973).

A partir des années quatre-vingt, c'est la découverte du rôle des radicaux libres dans les processus pathologiques qui à relancé l'intérêt des polyphénols en particulier les flavonoïdes dont les propriétés antioxydants sont très marqués.

1. Biosynthèse des composées phénoliques

1.1. Voie de shikimate

C'est souvent la voie de biosynthèse des composées aromatique, elle joue un rôle critique pour contrôler le métabolisme de la voie de phénylpropanoïde **HOFFMANN L**, 2003.

1.2. Voie des phénylpropanoïdes

La voie des phénylpropanoïdes commence par la phénylalanine (Phe) qui fournit en plus des principaux acides phénoliques simples, coumarine, isoflavonoïde, flavonoïde, acide salicylique, précurseur de lignine, qui est quantitativement biopolymère le plus important après la cellulose.

1.3. Voie de biosynthèse des flavonoïdes

Toutes les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et, de ce fait possèdent le même élément structural de base. L'étape clé de la formation des flavonoïdes et la condensation, catalysée par la chalcone synthase, d'une unité phényle propanoïde avec trois unités malonyl-CoA. Cette chalcone est l'intermédiaire caractéristique de la synthèse des divers flavonoïdes

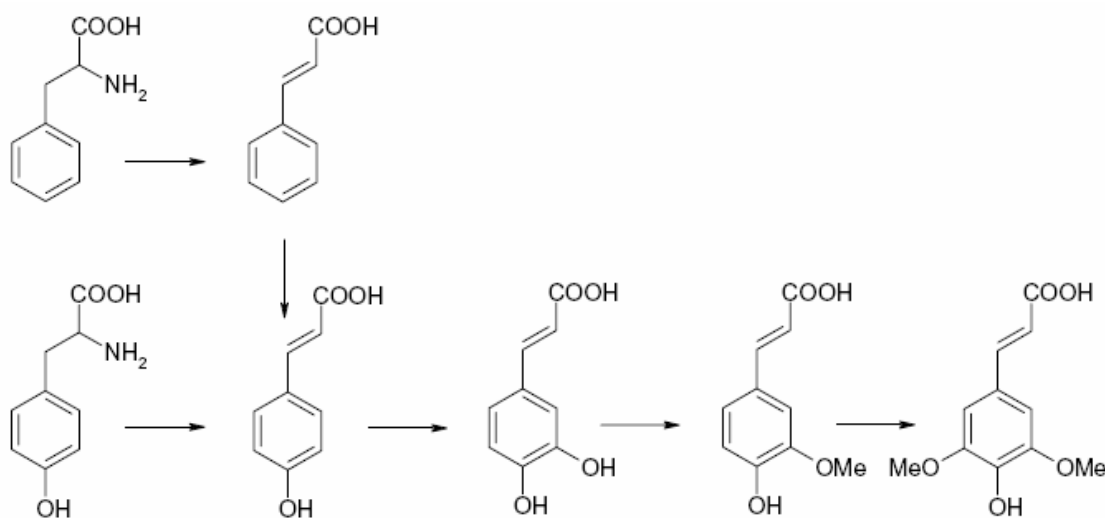


Figure 04 : Biosynthèse des composés phénoliques le plus largement distribués par la voie deshikimate(**Crozier et al.**, 2006). **PAL** : phénylalanine ammonia-lyase ; **C4H** : cinnmate 4-hydroxylase.

2. Classe des polyphénols

Plus de 8000 structures phénoliques sont actuellement connues. Les composées phénoliques sont subdivisés en groupes selon le nombre de noyaux et les éléments structurels qui relient ces cycles : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les stibines, les tanins, les lignanes et les lignines polymères.

2.1. Acides phénoliques

Le nom « acides phénoliques », en générale, décrit les phénols qui possèdent une fonctionnalité d'acide carboxylique. Cependant, lors de la description des métabolites de la plante, il se réfère à un groupe distinct d'acides organiques. Les acides phénoliques sont des dérivés des acides benzoïques et cinnamiques et sont présentes dans toutes les céréales. Ces acides phénoliques naturels contiennent deux structures distinctes de carbone : les structures hydroxycinnamiques (Xa) et hydrobenzoïques (Xb). Bien que le squelette de base reste le même, le nombre et la position des groupes hydroxyles le noyau aromatique créent la différence. Dans de nombreux cas, les analogues de l'aldéhyde (Xc) sont également regroupés avec, et dénommés, les acides phénoliques (par exemple, la vanilline). L'acide férulique, l'acide p-coumarique, les polyphénols forment un très vaste ensemble de substance chimique. Ils peuvent être classifiés selon le nombre l'arrangement de leurs atomes de carbones. Ces molécules sont généralement trouvées conjuguées aux sucres et aux acides organiques.

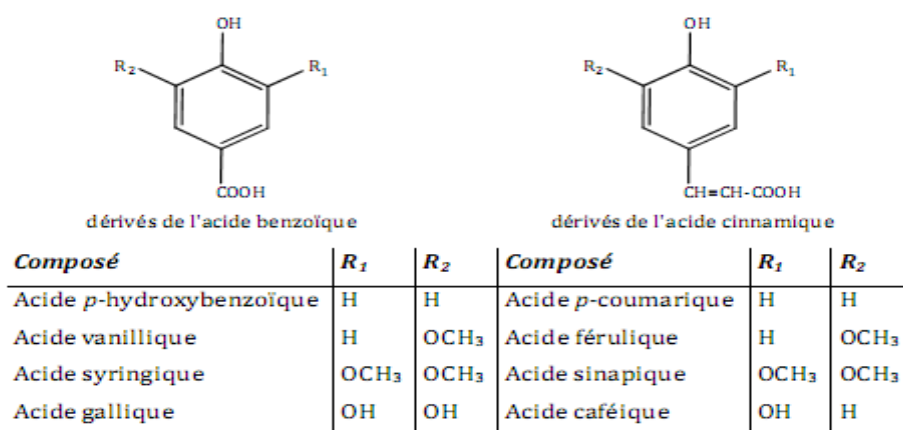


Figure 05 : Structures chimiques de quelques acides phénoliques (Macheix *et al.*, 1990).

Selon **Manach et coll.**, (2004), la teneur en acides phénoliques diminue généralement à mesure que la plante mûrit, alors que la teneur en anthocyanine augmente. Les acides phénoliques participent directement aux réactions aux stress environnementaux, comme les attaques par les ravageurs, et contribuent au processus de guérison de la plante par la lignification des tissus endommagés. Manach et coll. soutiennent que :

« Bien que très peu d'études ont été réalisées sur ce sujet précis, le contenu en polyphénols des légumes issus de l'agriculture biologique ou durable est certainement plus élevé que celui des légumes qui ne sont soumis à aucun stress, comme c'est le cas de ceux qui sont issus des cultures conventionnelles et hydroponiques. »

2.2. Flavonoïdes

2.2.1. Généralités

Le nom flavonoïde proviendrait du terme *falvedo*, désignant la couche externe des écorces d'orange (**piquemal**, 2008), cependant d'autres auteurs supposaient que le terme flavonoïde a été plutôt prêté du *flavus* ; (*flavus*=jaune) (**malev et Kunti**, 2007). Les flavonoïdes ont été désignés sous le nom de vitamine P, en raison de leur efficacité à normaliser la perméabilité des vaisseaux sanguins, cette dénomination fut abandonnée lorsqu'on se rendit compte que ces substances ne correspondaient pas à la définition officielle des vitamines. Il devient claire de ces substances appartient aux flavonoïdes. (**Nijveldt et al.**, 2001).

2.2.2. Structure chimique et classification

La structure de base des flavonoïdes et le noyau de flavone mais de point de vue classification, le groupe des flavonoïdes peut être divisé en plusieurs catégories. Cette division dépend de l'hydroxylation du noyau du flavonoïde aussi bien que du sucres liés.

Tous les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune, et de ces faits possèdent le même élément structural de base, à savoir l'enchaînement phényle-2 chromane. Ils peuvent être regroupés en différente classe selon le degré d'oxydation de noyau puranique central (**Krishna et al.**, 2001).

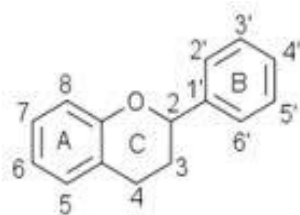


Figure 06 : Structure de base des flavonoïdes (Jeremy Paul Edwards, 2009)

2.2.3. Localisation et distribution des flavonoïdes

Les flavonoïdes sont largement rencontrés dans le règne végétal. En moyenne, environ 2% de la proportion du carbone photosynthétique global incorporé dans la biosynthèse flavonique. Ils sont cependant rares chez les végétaux inférieurs, de leur localisation est caractéristique de la plante. En effet, les flavonoïdes sont présents dans les organes aériens jeunes où ils sont localisés dans les tisses superficiels. Au niveau cellulaire, on a observé que les flavonoïdes, sous forme d'hétérosides, sont dissous dans le suc vacuolaire ou localisés dans les chloroplastes et les membranes des végétaux. En définitive, les flavonoïdes possèdent une large répartition dans le monde végétal. Ils sont largement abondants dans les légumes feuillés (salade, choux, épinard, etc.), ainsi que dans les téguments externes des fruits (Kassahlaoure H, Khenioua S, 2015).

2.2.4. Propriétés des flavonoïdes

Les flavonoïdes protègent les plantes contre les radiations UV. Elles sont également impliquées dans les processus de défense de la plante contre les infections bactériennes et virales. Ils agissent comme des pigments ou des Co-pigments. Ils peuvent moduler la distribution d'auxine, comme elle fonctionne comme des signaux moléculaires de reconnaissance entre les bactéries symbiotiques et les légumineuses afin de faciliter la fixation de l'azote moléculaire. Ils agissent sur la régulation l'élongation des tiges et interviennent dans la maturité des fruits. Ils ont à l'origine des goûts amers astringents afin de repousser les animaux herbivores (Kassahlaoure H, Khenioua S, 2015).

2.3. Tannins

2.3.1. Généralités

Les tannins sont des composées phénoliques très abondantes chez les angiospermes, les gymnospermes (tannins condensés) et les dicotylédones (tannin hydrolysables). Ces composés ont la capacité de se combiner et de précipiter les protéines. Le terme tannin vient de la source tannins utilisées pour le tannage des peaux d'animaux en cuir. Dans ce processus, les molécules de tannins se lient aux protéines par des liaisons résistantes aux attaques fongiques et bactériennes. Le poids moléculaire des tannins varie entre 500 et 2000 K Da (3000 pour les structures les plus complexes) (**Kassahlaoure H, Khenioua S, 2015**).

3.3.2. Types et structures des tannins

Selon les structures, on a deux types de tannins : hydrolysable et les tannins condensés, dit aussi : proanthocyanidines.

a) Les tannins hydrolysables

Ils sont formés par liaison de plusieurs acides galliques à un carbohydrate (généralement le glucose). On parle de gallotannins. Aussi des unités galloyles peuvent être ajoutées par liaisons esters, généralement en position C3 de l'acide gallique. Et les unités d'acide gallique voisines s'accouplent formant les esters d'acides hexayhydroxydiphénique (**Kassahlaoure H, Khenioua S, 2015**).

b) Les tannins condensés

Tannins condensés ou tannin catechiques ou proanthocyanidols qui se différent fondamentalement des tannins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoides. Il s'agit des polymères flavaniques constitués d'unité de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone. Les proanthocyanidols ont été isolés ou identifiés dans tous les groupes végétaux, Gymnospermes et fougères (**Frutos et al., 2004**).

3.3. Stilbènes

Les stilbènes sont structurellement caractérisées par la présence d'un noyau 1,2-diphényle avec hydroxyles substitués sur les cycles aromatiques, et existent sous la forme des monomères ou oligomères (**Crozier et al, 2006**).

3.4.Lignanes

Les lignanes sont formés de deux unités phénylpropane. Pour la plupart, ils sont présents dans la nature sous forme libre, tandis que leurs dérivés glycosidiques ne sont qu'une forme mineure (**Kassahlaoure H, Khenioua S, 2015**).

3.5.Lignines polymères

La lignine « à partir du mot latin lignum » signifie le bois. Les lignines sont des polymères aromatiques méthoxylés des phénylpropanoïdes reliés à la fois des liaisons éther et carbone-carbone. Les lignines sont des polymères produits naturellement à partir de trois principaux précurseurs (alcools p-coumarique, coniférylique et sinapylique) résultant d'une polymérisation catalysée par l'enzyme déshydrogénase (**Kassahlaoure H, Khenioua S, 2015**).

3.6.Anthocyanidines

Les anthocyanes sont des métabolites secondaires des végétaux généralement localisés dans les vacuoles. Leur couleur vive attire les insectes et les oiseaux qui jouent un rôle majeur dans la pollinisation des fleurs et la dispersion des graines. Les principaux rôles physiologiques qui leur sont attribués dans la plante sont, entre autres, l'absorption des radiations néfastes pour la chlorophylle b, le transport des monosaccharides, la régulation de la pression osmotique durant les périodes de sécheresse et de froid ou la régulation de la réponse antioxydative des plantes soumises à des facteurs de stress.

Elles sont particulièrement étudiées pour leur problème de stabilité notoire, l'effet positif de leur consommation sur la santé et leur potentiel en tant que colorant alimentaire naturel. Ce sont ces domaines qui seront abordés dans la revue bibliographique qui suit dans le but de faire le point sur l'exploitation des fruits et légumes riches en anthocyanes comme sources de colorants alimentaires (**Kovinich et al., 2014**).

3.6.1. Principales caractéristiques des anthocyanes

Classées parmi les flavonoïdes, les anthocyanes sont caractérisés par le squelette C6-C3-C6 (**Figure 07**). Ce sont des glucosides formés de l'association d'un aglycone appelé anthocyanidine et d'un sucre substitué en position 3. Ces sucres qui sont de type mono-, di- ou tri-saccharides peuvent être acylés par des acides aliphatiques (acide malonique, succinique, etc.) ou aromatiques (acide coumarique, ferulique, sinapique, etc.) (**Kovinich et al., 2014**).

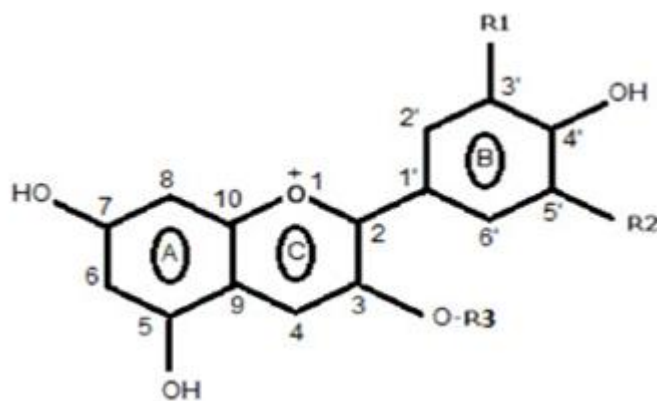


Figure 07 : structure des anthocyanes (**Kovinich et al.**, 2014).

4. Polyphénols en tant qu'antioxydants

Les antioxydants d'origine alimentaire contribuent vraisemblablement à la défense de l'organisme contre le stress oxydant et ses conséquences. A ce titre, les polyphénols, particulièrement abondants dans une alimentation riche en produits végétaux, pourraient jouer un rôle protecteur important (**ACHAT**, 2013).

4.1. Activité antioxydante des polyphénols dans les aliments

L'auto-oxydation (oxydation non enzymatique par O₂) est un des principaux phénomènes de dégradation des lipides polyinsaturés présents dans divers produits alimentaires tels que les huiles végétales et leurs dérivés (margarines). Ce phénomène intervient typiquement au cours des traitements industriels et domestiques : procédés thermiques, conditionnement, stockage et cuisson (**ACHAT**, 2013).

5. Effets bénéfiques des polyphénols

Intéressent particulièrement deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire. D'après les études multiples attestant de l'impact positif de la consommation de polyphénols sur la santé et la prévention des maladies, les industriels commercialisent maintenant des aliments enrichis en polyphénols ou des suppléments alimentaires. De plus, leur activité antioxydante assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique. Dans l'industrie cosmétique, les composés phénoliques trouvent leur application pratique en luttant contre la production des radicaux libres néfastes dans la santé et la beauté de la peau. En phytothérapie, même si certaines indications sont communes à plusieurs classes (les propriétés vasculoprotectrices, sont par exemple aussi bien attribuées aux flavonoïdes qu'aux anthocyanes, tannins et autres coumarines), chaque classe chimique semble être utilisée pour des bénéfices spécifiques (**Hennbelle et al.**, 2004).

6. Propriétés biologiques des polyphénols

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs propriétés physiologiques comme les activités antiallergiques, anti-arthérogénique, anti-inflammatoire, hépatoprotective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire. Ces actions sont attribuées à leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox en jouant un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, piégeage de l'oxygène, ou décomposition des peroxydes (**Ksouri et al.**, 2007).

7. Rôle technologique des polyphénols

Généralement les polyphénols sont partiellement responsables des qualités sensorielles et alimentaires des aliments végétaux. L'astringence et l'amertume des nourritures et des boissons dépendent de la teneur en polyphénols. L'astringence est liée à la polymérisation des tannins puisque la diminution de l'astringence dans les fruits lors de leur maturation est due à une augmentation de la polymérisation des tannins (**Macheix et al.**, 2005).

Résultats et discussion

I. Analyses physico-chimiques

1. Teneur en fibres brutes

Les teneurs en fibres des farines de blé sont représentées dans le tableau

Tableau 8: Les teneurs en fibres des farines de blé pour 100g

	Échantillons					
	ARZ	Ain Abid	HD	Djanet	Demias	Importé
Teneurs en fibre brute %	1,66±0,577 ^c	5,66±1,528 ^b	1,66±0,577 ^c	4,66±0,577 ^a	4,33±1,155 ^a	8±2 ^a

(n= 3 l'écart type), Les valeurs en ligne affectée de lettres (a,b,c,...) corrompant à des différences significatives.

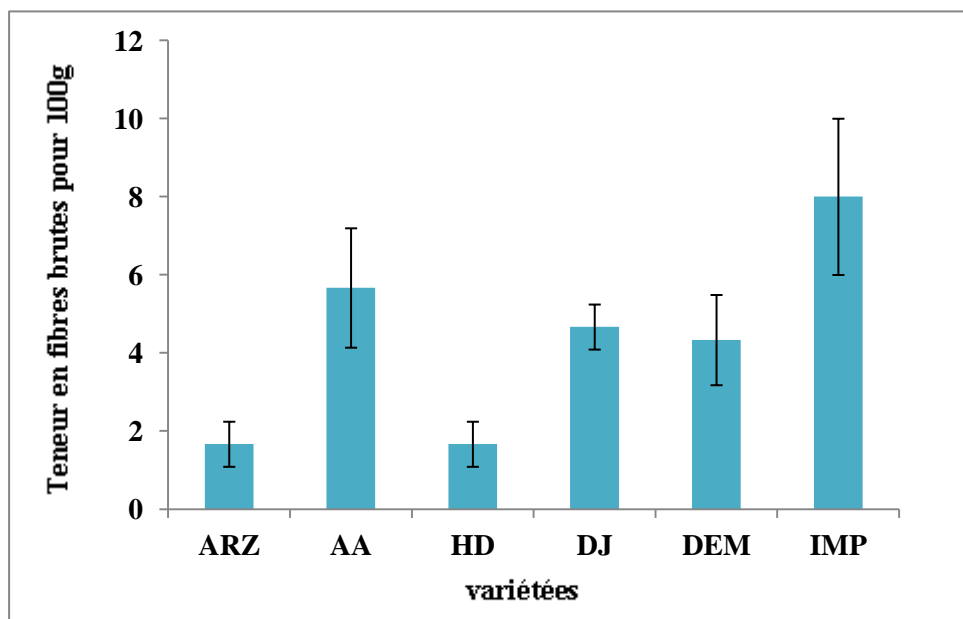


Figure 8 : Les teneurs en fibres des farines de blé pour 100g

On constate d'après les analyses statistiques, un effet significatif de la variété sur la teneur en fibres totales des farines complètes.

Une variation entre 1 et 8 g pour 100 de farine a été enregistré, c'est le cas par exemple pour les fibres totales comme illustrées sur le tableau, où la variété de blé importé apparaisse plus riche en fibres totales.

Néanmoins, certaines variétés présentent des teneurs intéressantes en fibres comme Ain Abid et Djanet ainsi que Demias, pour des valeurs de $5,66 \pm 1,52\%$, $4,66 \pm 0,57\%$ et $4,33 \pm 1,15\%$ respectivement. On remarque aussi que les variétés ARZ et HD présentent le même taux en fibres totales $1,66 \pm 0,57\%$.

Une étude menée par **Aymard P**, 2007 a montré l'existence d'un effet significatif du génotype ainsi que l'environnement sur le taux de fibres totales et le β -glucane dans le cas de l'orge cultivée en Turquie.

Shewry PR *et al.*, 2010, ont constatés que le génotype et l'environnement influent sur les composants bioactifs du seigle, notamment les teneurs en arabinoxylane, β -glucane, fibres alimentaires totales

Les études de l'**INRA**, 2012 ont démontré l'existence d'une importante variabilité de la composition pour la plupart des composants de la farine de blé. Avec toute fois une part génétique très variable entre et même au sein d'une même famille notamment les fibres solubles, les tocols ou les triénols. Ces études ont montré également que les arabinoxylanes solubles de la farine (fibres) sont parmi les composés les plus susceptibles à répondre à l'amélioration génétique.

Hansen HB *et al.*, 2002 ont constaté que le teneur en fibres totales de sept variétés de seigle a été fortement influés par l'année de récolte et le génotype.

2. Teneur en protéines

Les teneurs en protéines des farines de blé sont représentées dans le tableau 09.

Tableau 9 : les teneurs en protéines des farines de blé (%)

	Échantillons					
	ARZ	Ain Abid	HD	Djanet	Demias	Importé
Teneur en protéines%	11,17±0,8 ^b	10,38±1,63 ^b	13,18±0,37 ^a	12,23±0,45 ^{ab}	11,38±0,35 ^b	11,64±0,42 ^{ab}

(n= 3 l'écart type), les valeurs en ligne affectée de lettres (a,b,c,...) corrompant à des différences significatives.

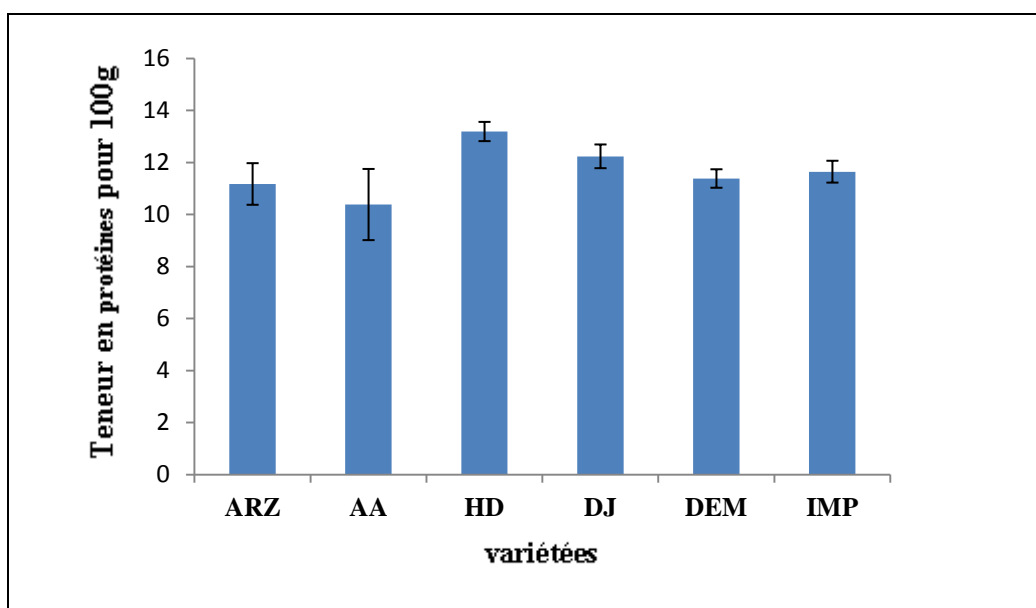


Figure 9 : teneur en protéines des farines de blé pour 100g

D'après les analyses statistiques, on remarque un effet significatif de la variété sur la teneur en protéines des farines complètes.

Une variation entre 10 et 15% de teneur en protéines pour 100g des farines a été enregistré dont la variété HD est la plus riche en protéine, les autres variétés présentent des teneurs aussi importantes telles que Djanet, Importé, Demias, ARZ et Ain Abid avec des valeurs, 12,23±0,45 %, 11,64±0,42%, 11,38%, 11,17±0,8%, 10,38±1,63% respectivement.

Les résultats obtenus ressemblent aux résultats des essais qui ont fait en 2006 ils sont entre 10 et 17% selon la norme **ISO20483** qui spécifie la méthode de Kjeldhal pour la détermination de la teneur en protéines.

Jean-Marie et *al.*, 2004, ont démontré que l'effet de l'environnement est important sur le taux des protéines ainsi que le rendement élevé.

3. Teneur en lipides

Les teneurs en lipides des farines de blé sont représentées dans le tableau 03

Tableau 10 : les teneurs en lipides des farines de blé (%)

	Échantillons					
	ARZ	Ain Abid	HD	Djanet	Importé	Demias
Teneur en lipides%	2,11±0,18 ^a	2,03±0,6 ^a	1,95±0,97 ^a	2,48±0,37 ^a	2,2±0,52 ^a	1,85±0,42 ^a

(n= 3 l'écart type), les valeurs en ligne affectée de lettres (a,b,c,...) corrompant à des différences significatives.

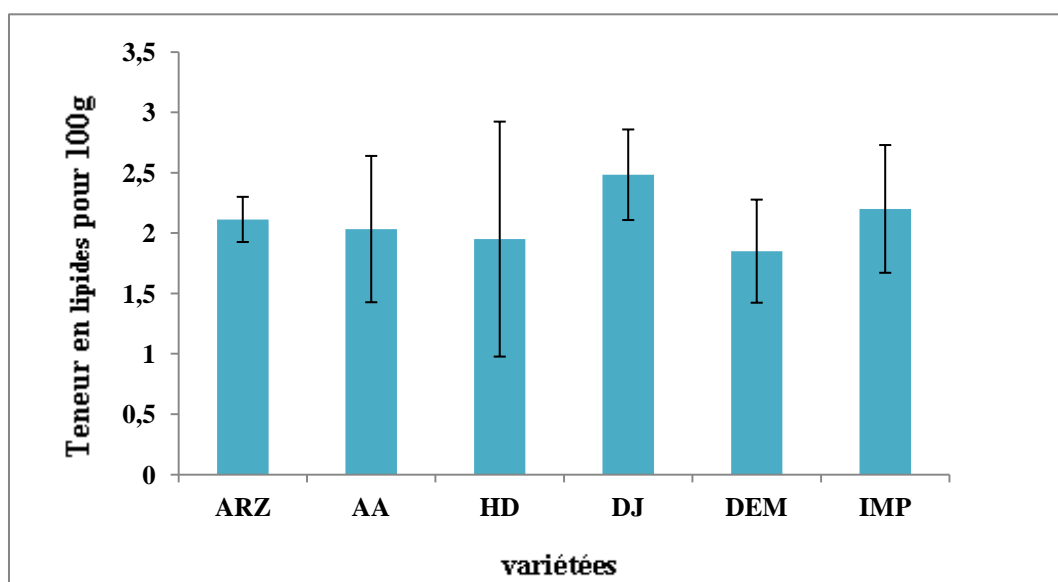


Figure 10 : teneur en lipides des farines de blé pour 100g

D'après les résultats, on constate qu'il n'y a pas d'un effet significatif de variétés sur la teneur des lipides.

La teneur de ces lipides exprimée en g/100g de matière sèche. Selon les résultats obtenus, les teneurs en lipide enregistrées pour les six variétés de blé tendre varient entre 2,2 et 2,5%, Djanet est la variété la plus riche en lipides, l'importation présente une teneur de $2,2 \pm 0,52\%$, les teneurs de quatre autres variétés sont de : $2,1 \pm 0,18\%$ pour la variété ARZ, $2,03 \pm 0,6\%$ pour Ain Abid et $1,8 \pm 0,42\%$ pour Demias, ainsi $1,9 \pm 0,97\%$ pour HD

Boubker Nasser et al., 2015, ont analysé le taux des lipides dans autres variétés de blé tendre, ils ont trouvé des teneurs en lipide élevé par rapport à celle qu'on a obtenue, elles varient entre 1,8 et 2,8%, ils ont trouvé aussi qu'il ya un effet significatif des variétés sur le taux des lipides.

Sanaa Lanouari et al., 2015, ont mentionné que la composition lipidique du blé est très variable en fonction des variétés, des conditions de culture et de la maturité des graines.

Jamel El Haddoury, 2014, a montré que la nature des solvants et la méthode utilisée pour l'extraction des lipides influent sur les résultats des analyses lipidiques.

4. pH

Tableau 11. Mesures du pH :

	Échantillons					
	ARZ	Ain Abid	HD	Djanet	Importé	Demias
pH	$6,58 \pm 0,07^b$	$6,75 \pm 0,01^a$	$6,40 \pm 0,01^c$	$6,26 \pm 0,01^d$	$6,53 \pm 0,11^b$	$6,42 \pm 0,01^c$

(n= 3 l'écart type), les valeurs en ligne affectée de lettres (a,b,c,...) corrompant à des différences significatives.

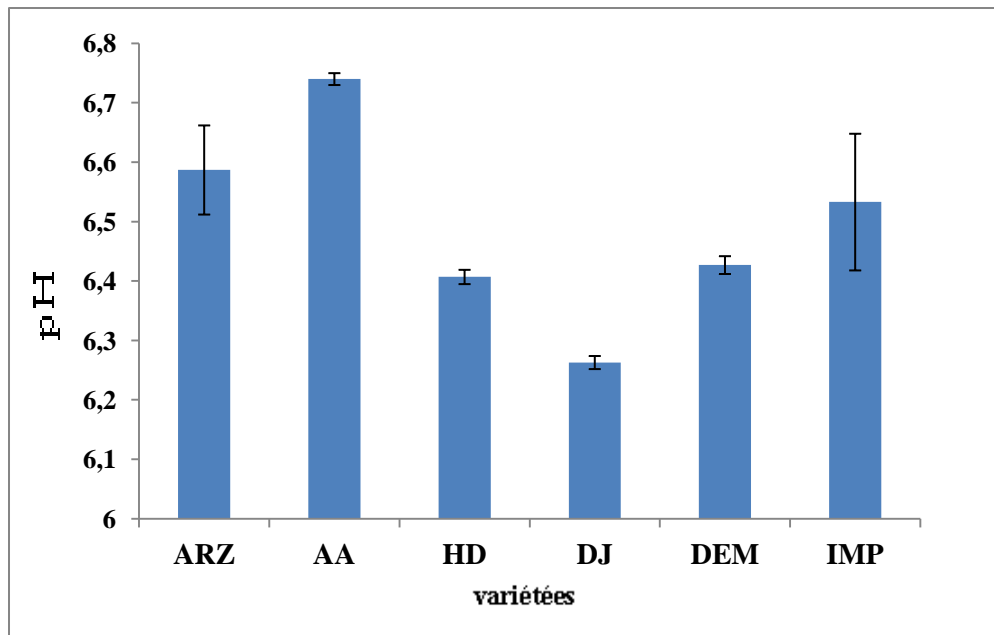


Figure 11: mesure en pH des farines de blé tendre

D'après les résultats statistiques, on constate qu'il ya un effet significatif de variété sur les mesures du pH

Les valeurs du pH de ces six variétés sont entre 6,2 et 6,7, la variété d'Ain Abid présente une valeur de $6,75 \pm 0,01$, ARZ $6,58 \pm 0,07$, HD une valeur de $6,40 \pm 0,01$, Djanet $6,26 \pm 0,01$

Demias $6,42 \pm 0,01$ et l'importation $6,53 \pm 0,11$.

Ces mesures de pH des échantillons révèlent un pH légèrement acide à neutre, ces résultats sont en accord avec des résultats obtenus par **Mohamed Amine et al.**, 2011.

5. Teneur en matière minéral

Les teneurs en matière minéral des farines de blé sont représentées dans le tableau 12

Tableau12. Les teneurs en matière minéral des farines de blé (%)

	Echantillons					
	ARZ	Ain Abid	HD	Djanet	Importé	Demias
Teneur en matière minérale %	2,63±0,11 ^a	0,46±0,11 ^c	0,73±0,05 ^{bc}	0,53±0,15 ^{bc}	0,83±0,11 ^b	0,73±0,11 ^c

(n= 3 l'écart type), Les valeurs en ligne affectées de lettres (a,b,c,...) corrompant à des différences significatives.

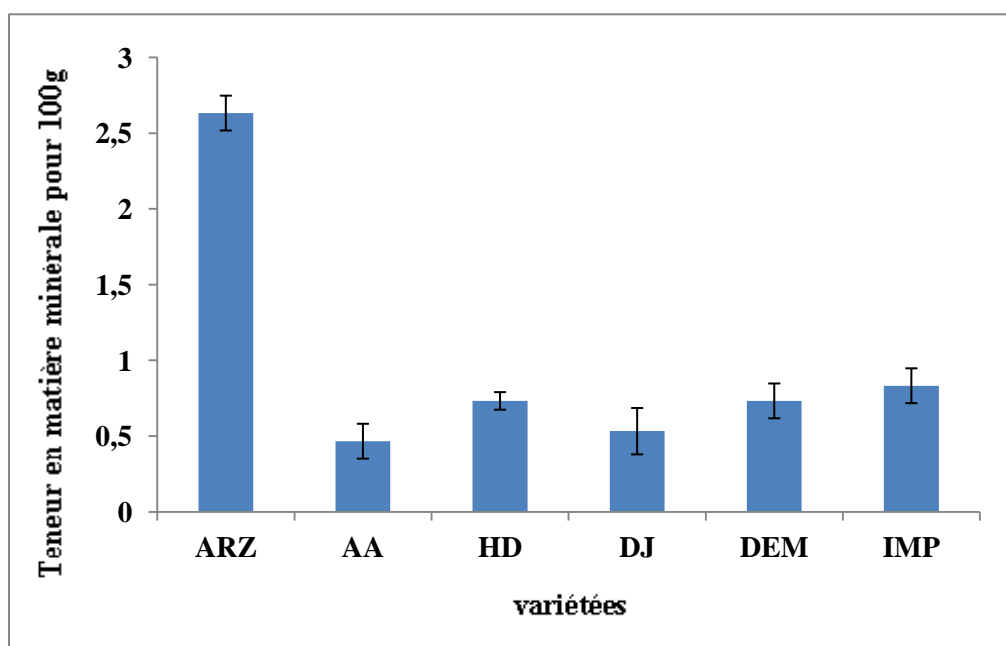


Figure 12 : teneur en matière minéral pour 100g

D'après l'étude statistique, on observe que les six variétés montrent un effet significatif sur le taux de matière minérale, alors que la variété ARZ (2,63±0,11) montre une teneur importante par rapport aux autres variétés, suivi par la variété importé (0,83±0,11), ensuite la variété HD

avec une teneur de $(0,73 \pm 0,05)$, Demias $(0,73 \pm 0,11)$, Ain Abid et Djanet représentent des faibles teneurs $(0,46 \pm 0,11)$ et $(0,53 \pm 0,15)$ respectivement.

Ces valeurs ne sont pas en accord avec celles citées par **Feillet**, 2000 qui affirme que le taux en minéraux chez le blé tendre devrait être compris dans l'intervalle 1,5-2,5%

La farine complète de blé tendre contienne un taux de cendre maximum de 2,5% (**Bulletin officiel**, 2009).

Rousset et al., 2000, montrent que la teneur en cendre des grains est une caractéristique qui peut être liée assez fortement à la valeur meunière.

6. Teneur en matière sèche

Les teneurs en matière sèche des farines de blé sont représentées dans le tableau 13

Tableau13. Les teneurs en matière sèche des farines de blé (%)

	Echantillons					
	ARZ	AA	HD	Dj	IMP	DEM
Teneur en matière sèche %	$45,4 \pm 0,3^b$	$44,36 \pm 0,20^{cd}$	$44 \pm 0,45^d$	$43,80 \pm 0,20^d$	$44,66 \pm 0,20^{cd}$	$46,5 \pm 0,3^a$

(n= 3 l'écart type), Les valeurs en ligne affectées de lettres (a,b,c,...) corrompant à des différences significatives

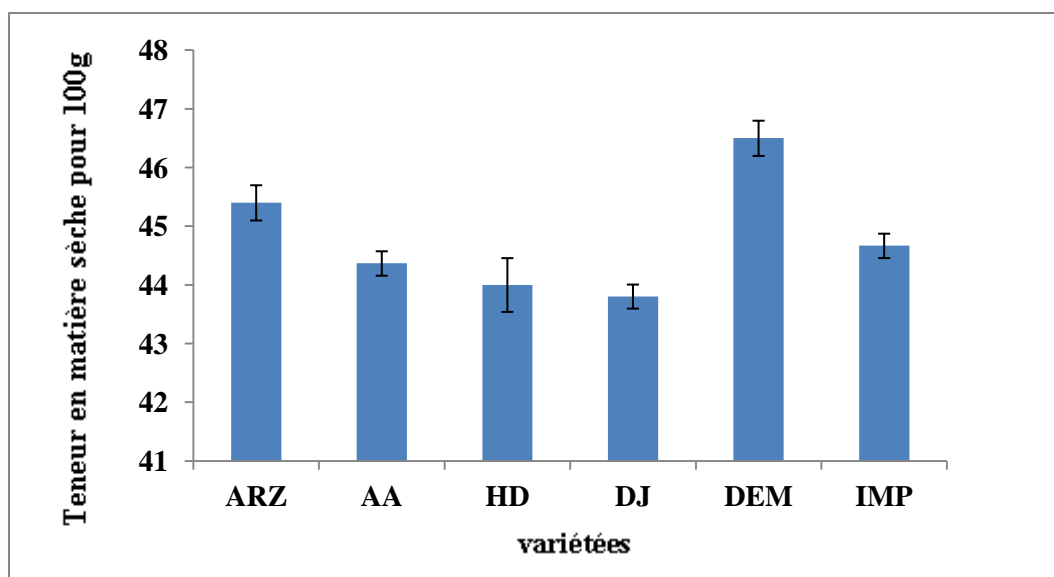


Figure 13 : teneur en matière sèche pour 100g

La matière sèche constitue la partie d'un produit végétal qui reste une fois que l'eau en a été totalement extraite. La variété Demias présente un taux de 46,5% suivi par la variété ARZ avec un taux de 45,4 % puis la variété importé 44,66% tandis que les variétés Ain Abid, HD et Djanet montrent des teneurs très faible par rapport aux autres variétés et par rapport aux normes qui indiquent que le taux de matière sèche de la farine est de 86,6%.

II. L'effet de phénotype sur les poly-phénols

1. Rendement

Après extraction et récupération des extraits sous forme de poudre, le rendement, la couleur, et l'aspect physique de chacun des extraits ont été déterminés et représentés dans le tableau 12 .

Tableau 14: tableau représentatif regroupant le rendement, la couleur, et l'aspect physique des différents extraits des farines complètes de Blé tendre.

Extraits	Aspect physique	Couleur	Rendement%
ARZ	Poudre	Blanc	3.8
Importé	Poudre	Jaune pâle	3.04
Djanet	Poudre	Jaune ambre	5.24
Ain Abid	Poudre	Jaune foncé	4.36
HD	Poudre	Jaune pâle	3.32
Demias	Poudre	Jaune foncé	4.48

Le rendement désigne la masse de l'extrait lyophilisé, il est exprimé en pourcentage par rapport à 100 grammes de matière sèche. D'après les résultats récapitulés dans le tableau, les rendements en extraits obtenus des farines complètes varient entre 3.04 et 5.24%. Le plus rentable est la variété Djanet avec une valeur de l'ordre de 5.24% MS, suivi de l'extrait Demias donnant 4.48% MS, cependant, la variété d'Ain-Abid a présenté un taux se chiffrant ainsi à 4.36% MS, suivi de l'extrait ARZ donnant 3.8% MS, puis l'extrait HD avec une valeur de 3.32% MS, quant au plus faible, est celui obtenu par la variété d'importé avec un seulement 3.04% MS. Il est clair que la variété Djanet consiste la part la plus importante.

2. Poly-phénols totaux

La quantification des composés phénoliques totaux a été faite selon le procédé Spectrophotométrique, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu. Les analyses quantitatives des données ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire ($y = 0.0074x$) et le coefficient de corrélation ($R^2 = 99.72\%$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent acide gallique par gramme d'extrait «lyophilisat» (mg EAG/g) (Figure 14).

Les teneurs en composés phénoliques exprimés en mg équivalent acide gallique (EAG) par 100g de matière sèche ont été, également, calculés en se basant le rendement en extrait lyophilisat recueilli après évaporation du solvant (Tableau).

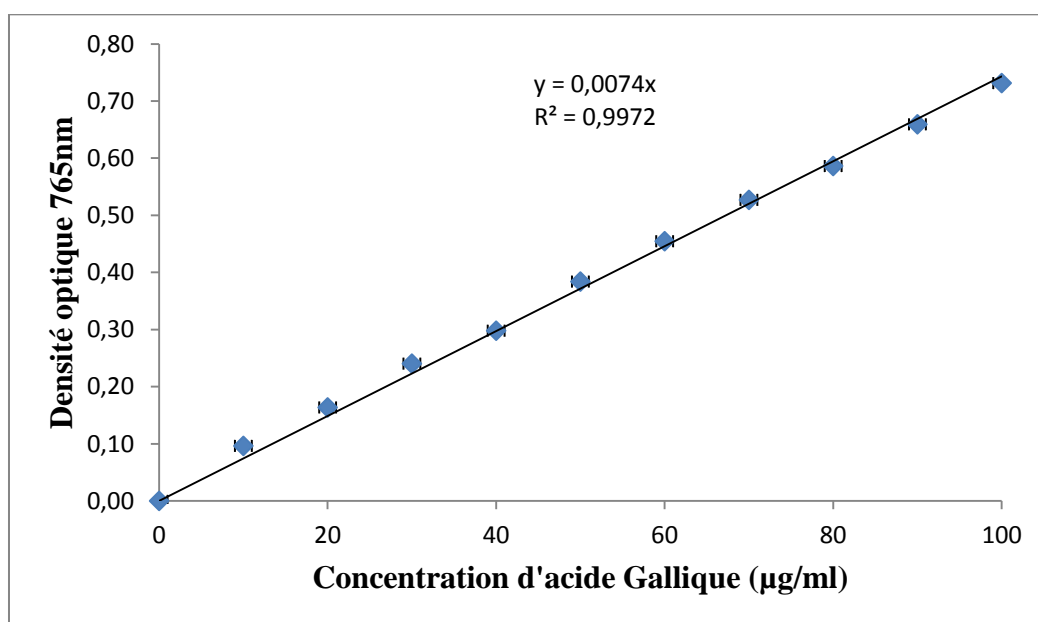


Figure 14: courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

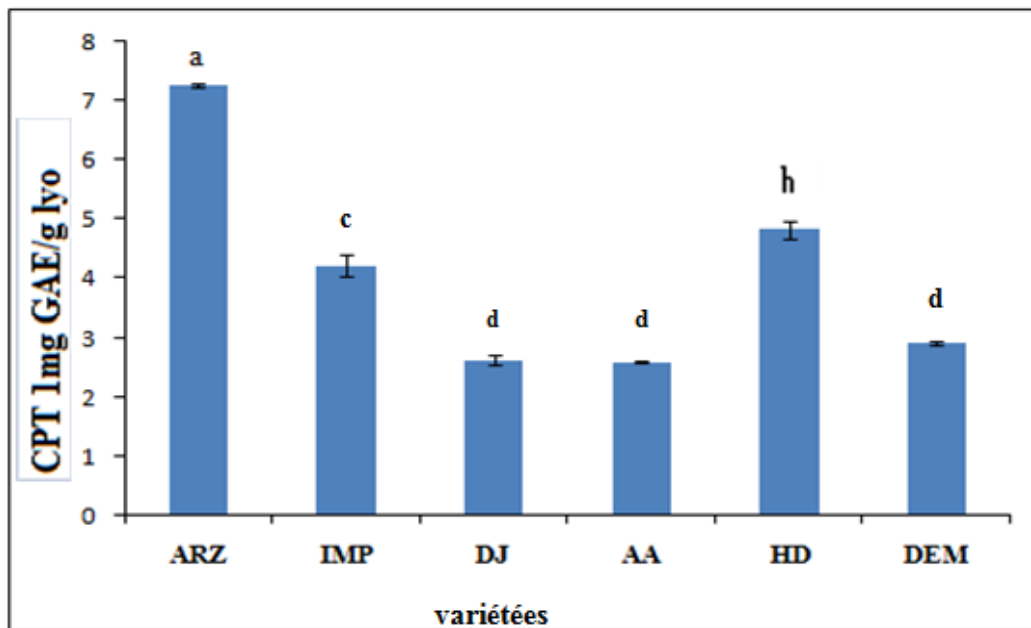


Figure 15:teneurs des composées phénoliques totaux en mg EAG/g des lyo. Les moyennes présentées par des lettres différentes sont significativement différentes (Newman-Keuls, $p \leq 0.05$)

Les poly-phénols sont considérés comme étant les métabolites secondaires les plus réponsus dans les plantes et par conséquent, les plus étudiés. Ceci pour leurs multiples vertus thérapeutiques ; ils ont des activités antioxydantes (**Piétta**, 2000), anti-inflammatoire (**Wang et Mazza**, 2002) et antimicrobienne (**Harikrishna et al.**, 2004).

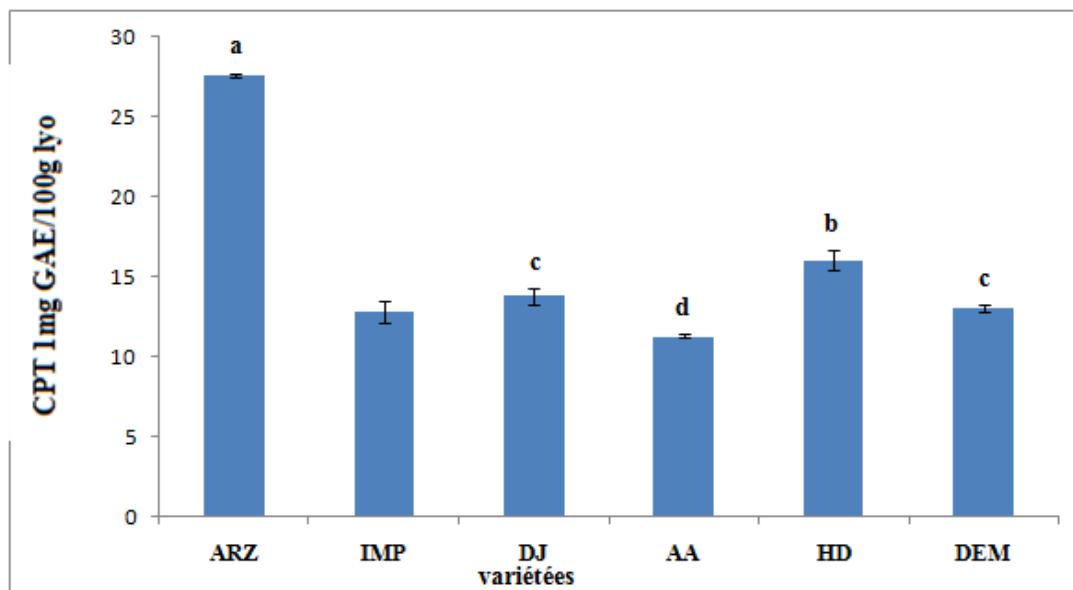


Figure 16:teneurs des composés phénoliques totaux en mg EAG/100g des lyo. Les moyennes présentées par des lettres différentes sont significativement différentes (Newman-Keuls, $p \leq 0.05$)

Les six variétés de Blé tendre montrent une différence significative dans la teneur en poly-phénols totaux (figure 16). Les résultats du dosage révèlent la richesse de l'extrait ARZ en composés phénoliques totaux avec un taux estimé à 7.257%. De même, la variété HD à également montré un contenu élevé avec un taux de 4.831%, suivi par la variété Djanet (2.63 ± 0.096), Demias (2.912 ± 0.048), puis la variété importée avec un taux de (4.22 ± 0.234), tandis que la variété Ain-Abid contient le minimum décelé soit (2.991 ± 0.024)mg EAG/g Lyo. D'une façon générale, malgré les écarts détectés, les extraits présentent des teneurs importantes en composés poly-phénoliques totaux.

De fortes quantités ont été notées dans la concentration de (**mg ER/100g MS extrait**) (figure 14).

3. Flavonoïdes totaux

La quantification des flavonoïdes totaux a été effectuée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium ($AlCl_3$). Les analyses quantitatives ont été déterminées à partir des équations de la régression linéaire ($y=0.017x$) et un coefficient de corrélation ($R^2=99.8\%$) de la courbe d'étalonnage exprimée en mg équivalent Rutine par gramme d'extrait «lyophilisat» (mg ER/g) (figure 15).

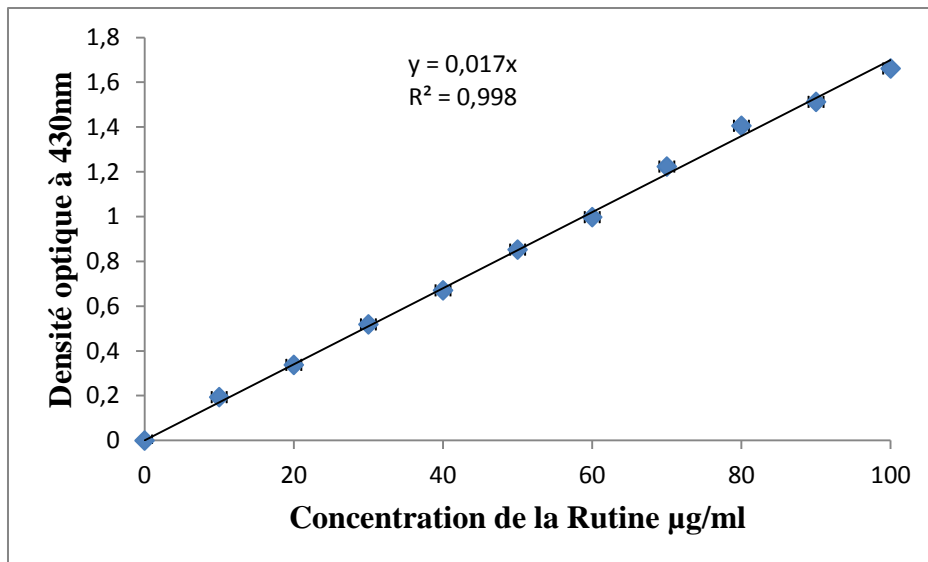


Figure 17: courbe d'étalonnage de la Rutine.

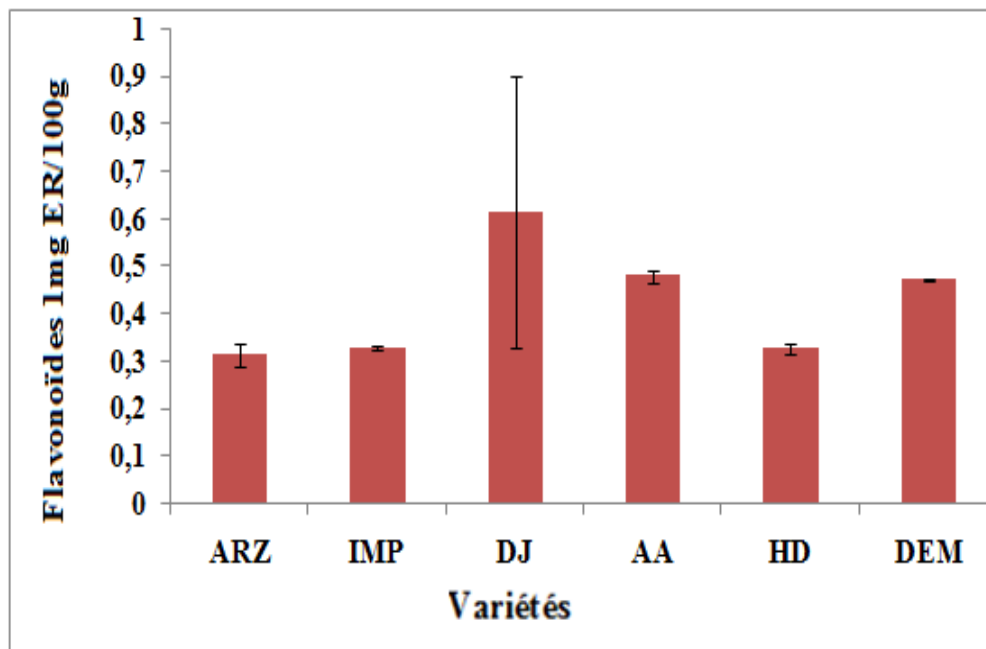


Figure 18: teneurs des flavonoïdes totaux en mg ER/1g des lyo. Les moyennes présentées par des lettres différentes sont non-significative (Newman-Keuls, $p \leq 0,05$)

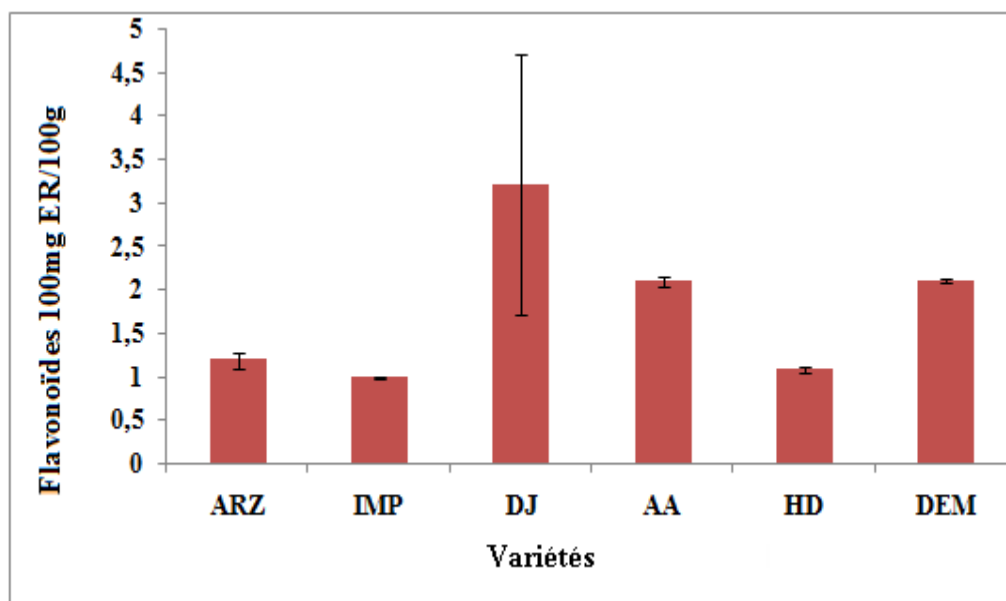


Figure 19:teneurs des flavonoïdes totaux en mg ER/100g des lyo. Les moyennes présentées par des lettres différentes sont non-significative (Newman-Keuls, $p \leq 0.05$)

Les flavonoïdes ont constitué une fraction importante des poly-phénols présents chez Blé tendre avec des proportions différentes, alors l'extrait Djanet (0.613 ± 0.286) qui montre une teneur importante comparativement avec les autres variétés, Demias (0.471 ± 0.004), Ain-Abid (0.479 ± 0.013), HD (0.326 ± 0.012), ARZ (0.313 ± 0.023), et la variété importée (0.326 ± 0.004) montre une teneur très faible par rapport aux variétés locales (**mg ER/100g MS extrait**) (Figure 16).

De fortes quantités ont été notées dans la concentration de (**mg ER/100g MS extrait**) (Figure 19).

4. Flavonols

L'analyse du flavonols a été réalisée par la méthode décrite par (**Abdel-hameed**, 2009), en utilisant comme standard la rutine. La teneur des flavonols a été exprimée en mg équivalent rutine par gramme d'extrait de lyophilisat (mg ER/g. Lyo), à partir des données d'absorbances et une droite d'étalonnage réalisées entre 0 et 0.05mg/ml, avec un coefficient de corrélation $R^2=99.38\%$ et avec une équation de régression ($0.0046x$), (Figure 18).

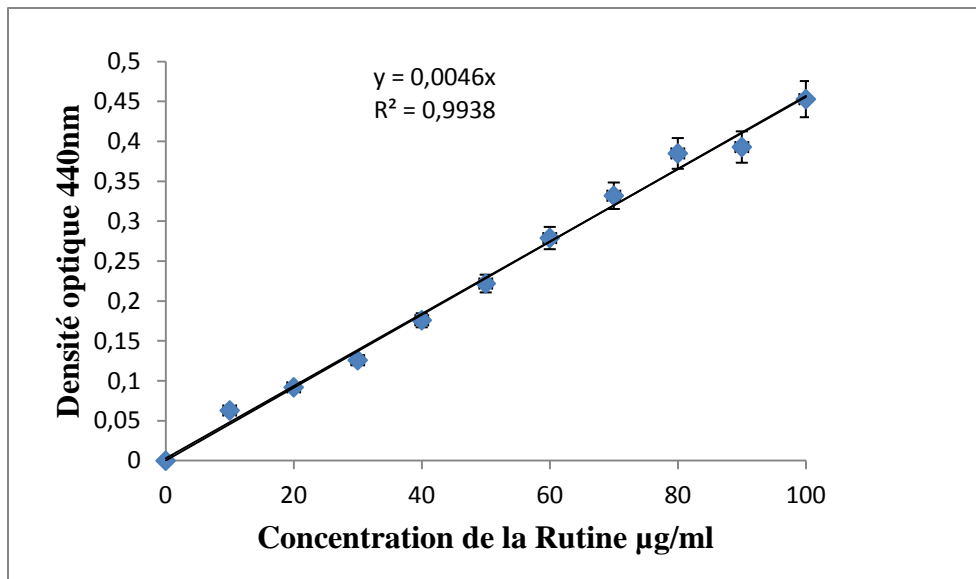


Figure 20: courbe d'étalonnage de la Rutine

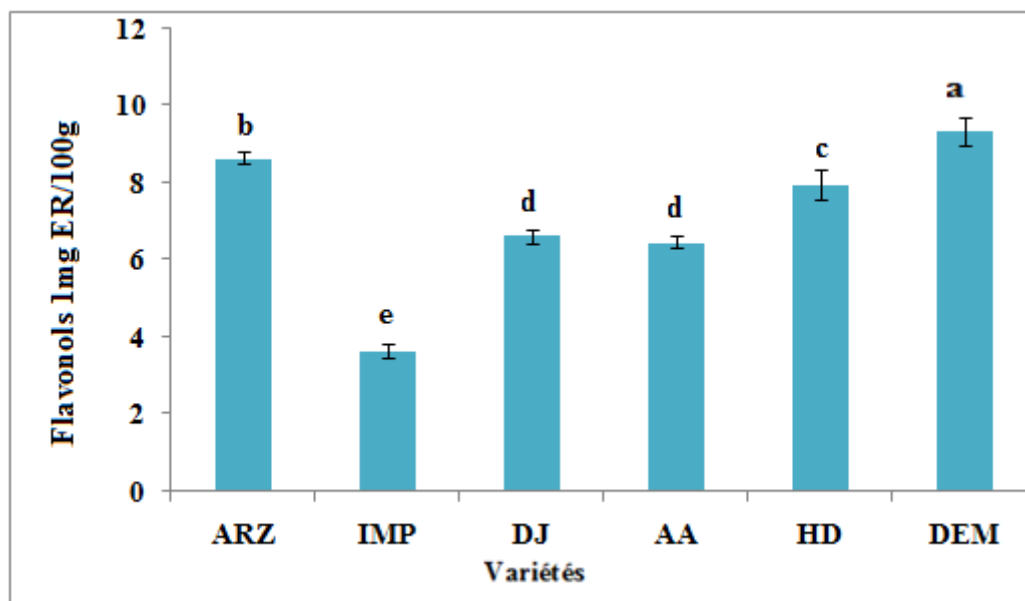


Figure 21: teneurs des flavonols en mg ER/1g des lyo. Les moyennes présentées par des lettres différentes sont significativement différentes (Newman-Keuls, $p \leq 0,05$)

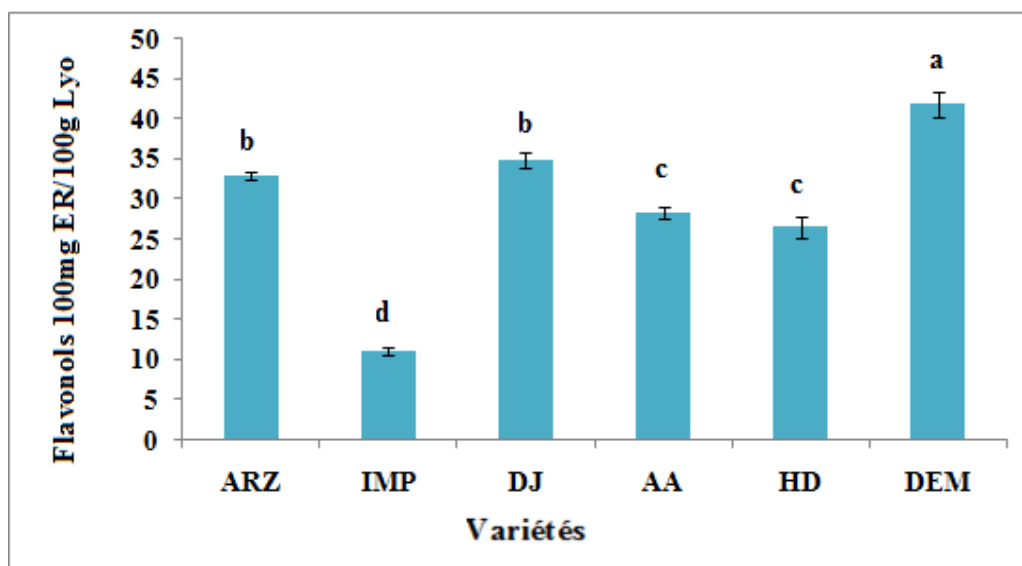


Figure 22:teneurs des flavonols en mg ER/100g des lyo. Les moyennes présentées par des lettres différentes sont significativement différentes ($p \leq 0.05$)

La détermination des taux de flavonols (figure 22) indique que l'extrait Demias est le plus riche (9.331 ± 0.346 mg ER/g), comparativement aux autres extraits, suivis par la variété d'ARZ (8.677 ± 0.146), puis l'extrait de Djanet (6.63 ± 0.184), puis l'extrait Ain-Abid et HD avec un taux de 6.467% et 7.951%, les flavonols semblent être moins disponibles dans l'extrait importé avec seulement (3.647 ± 0.184) mg ER/g. Lyo.

Les flavonols constituent donc une part intéressante parmi les flavonoïdes.

De fortes quantités ont été notées dans la concentration de (**mg ER/100g MS extrait**) (figure 20).

Références bibliographique

(Bulletin officiel, 2009).

Abdel-hameed E.-S. 2009. Total phénolic contents and free radical scavenging activity of certain Egyptian ficus species leaf samples. Food chem. (114): 1271-1277

Armand et Germain., 1992. Le blé élément fondamentaux, (Ed) presses université laval, p26-30.

Auriau et Doussinault G., 1992. Le blé tendre. In : Gallais A. et Bannerot H. (Ed), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp.22-38.

Aymard P., 2007. On -line bubble size measurement using a multiple light backscattering sensor. In proceedings of the 3ed international symposium of food rheology and structure.

Belaid., 1996. Aspect de la céréaliculture Algérienne Ed. Office des publications universitaires, Ben-Aknoun (Alger), 206p.

Bonjean., 2001 **Boulal .**, 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Ed. TIGC, INRA, ICARDA, Algérie, p 176.

Bonneuil , Roerich R et Anglade P., 2009. Innover autrement, la recherche face à l'avènement d'un nouveau régime de production et de régulation des savoirs en génétique végétale, Docier de l'environnement de l'INRA, 30, 2006, P.29-51.

Boubker Nasser, Jamel Elhadouri., 2015. Caractérisation physico-chimique des graines de blé tendre sous traitement herbicide, vol 10, No 2.

Boudouma., 2008, valorisation du son de blé en alimentation des volailles

Bruneton ., 1993. Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales. 2^{ème} Edition, Tec et Doc (Ed), Paris, 914p.

Caractéristiques analytiques et nutritionnelles. Document RM. Madrid. 269p.

Chaib Ghania ,Bouchelaleg Amira et Talbi Roumaissa., 2015. Etude quantitative et qualitative des composés phénolique chez quatre variétés de blé tendre (*triticum aestivum*) et d'orge (*Hordeum vulgare*) soumises à un stress hydrique et leurs activités antimicrobiennes.

Crozier et al., 2006. Structure des squelettes de polyphénols, Activité antioxydante des extraits des composés phénolique. Thèse de doctorat.

Doussinault et Auriiau., 1992. Les céréales à paille : présentation générale. In : Gallais A. et Bannerot H. (Ed), Amélioration des espèces végétales cultivées. Ed. INRA, Paris, pp.13-21.

FCF, 2016, facture d'importation des céréales, Algérie Eco.

Feillet P.,2000. Le grain de blé composition et utilisation. Ed. INRA, Paris, 308p.

Feldman., 2001. Lupton F.G.H., Miller T.E., Wheats. In J. Smartt, N.W. Simmonds: Evolution of crop plants. Longman Group Ltd.,London,184-192.

François Nesmi., 2010. Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydants et étude de leur propriétés biologiques. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur de l'université paulverlaine-Metz.,P103

Frutos ., 2004. Tannins and ruminant nutrition, spanish of agriculture research, 191-202.

Gates., 1995. Ecophysiologie du blé Paris, 351p. Technique et documentation. Lavoisier, In : Etude de la contribution des paramètres pheno morphologique dans l'adaptation du blé tendre dans l'étage bioclimatique semi aride. Lakhdar.,2006. Mémoire de Magister. Fac. Sci. Agro/ Université El-hadj Lakhdar Batna.

Hadria., 2006. Adaptation et spatialisation des modèles stricts pour la gestion d'un périmètre céréalier irriguée en milieu semi aride. Thèse de doctorat. Univ Cadi AYYAD Samlalia- Marrakech.

Hansen HB et Rasmussen C, Knudsen., 2002. Effects of genotype and harvest year on content and composition of dietary fiber in rye grain, journal of the science of food and agriculture,vol 83, pp 76-85.

Harbone ., 1993. The anthocyanins In : The Flavonoids Advances in research since 1980. Harborne J.B. Ed. London, p. 1-20.

Hennebelle Saphaz, Bailleul, F., 2004. Polyphénols végétaux, sources utilisation et potentiel dand la lutte contre le stress oxydatif. Phytothérapie 1 : p. 3-6.

Henry et De Buyser ., 2001. L'origine des blés. In : Belin. Pour la science (Ed). De la graine à la plante. Ed. Belin, Paris, pp, 69-72.

HOFFMANN L, 2003. Purification, cloning, and properties of an acyltransferase controlling shikimate and quinate ester intermediates in phenylpropanoid metabolism. J Biol Chem,278, 95-103.

Jean-Marie, Sincich., 2004. Effet de l'environnement sur la composition de grain de blé, institut de l'élevage.

K. ouabed, Chabasse, D., 2002. Mémoire de fin d'étude d'ingénieur d'état, département de nutrition de l'alimentation et des technologies agro alimentaire, D.N.A.T.A.A.p.19-34.

Kellou ., 2008. Analyse du marché Algérien du blé et les opportunités d'exportation pour les céréaliers français dans le cadre du pole de compétitivité, le cas des coopératives Sud céréales, groupe coopératif Occitan et Aude coop. Thèse de master of science du CIHEAM- IAMM n°93.

Kovinich, Henry ,S., 2014. Not all anthocyanins are born equal: distinct patterns induced by stress in Arabiodopsi. Planta, 240, 931-940.

Ksouri, Roy., 2007. Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte cakile maritima. Plant physiology and biochemistry45:244-249.

Lery., 1982. L'agriculture au Maghreb ou pour une agronomie méditerranéenne. Ed.

Leslie Jacquemin., 2012. Production d'hémicellulose de pailles et de son de blé à une échelle pilote, étude de performance technique et évaluation environnementale d'un agro-procédé.

Macheix, Fleurriet A, Allemand., 1990. Fruit phenolics. Bocca Raton, 378p.

Maisonneuve et Larose, Paris, 338p.

Mohamed Amine, Ould El Hadj, Gassemi B.,2011. Mycotoxin production in wheat grains by different aspergillus in relation to different relative humidity and storage periods. Food Nahrung 47, 6-10.

Nijveldt, Van Nood., 2001. Nood E, Norren K, leeuwen P, 2001. Flavonoides, 74 : 418-425.

Piat, D.M.C. 1990. Le blé et les issues de meunerie dans l'alimentation animale.

R. Calrel.,1975. Fabrication de produits alimentaires et nutrition humaines. Ed. ESF. Paris.1992, p.153.

Rousset, Foubert, kloek., 2000. Les filières céréalières, organisation et nouveaux défis INRA. Edition QUAE, 165p.

Shewry PR, Pironen,Nurmi T., 2010. Agricultural research institute of the Hungarian academy of science.

Zeitoun., 2011. Procédés de fractionnement de la matière végétale-application à la production des polysaccharides du son et de paille de blé. Thèse de doctorat de l'université de Toulouse.

Annexe



Photo 01 : mortier



photo 02 : mixeur



Photo 03 : Pompe à vide



photo 04 : dispositif de filtration sous vide



Photo05 : Rota-vapor



Photo 06: Appareil d'extraction du modèle Soxhlet



Photo 07 : Appareil de distillation



photo08 : montage d'extraction de fibres

