

Chapitre I: Revue bibliographique

I. Présentation du blé

1. Origine

Le blé est originaire du croissant fertile de Mésopotamie (l'Irak et l'Iran d'aujourd'hui). L'ancêtre du blé dur serait né de croisements naturels entre différentes espèces de blé sauvage. Depuis cette période, l'homme a toujours amélioré l'espèce par la sélection. La première trace du blé dur (*Triticum durum*) a été découverte dans une pyramide égyptienne construite trois siècles avant J-C. De nos jours, on retrouve plusieurs espèces sauvages ou cultivées très proches du blé dur: l'amidonnier sauvage, le blé barbu, le blé de Pologne, le blé du Caucase ou le blé de Géorgie. (CLERGET, 2011)

2. Taxonomie:

a) Blé dur :

La position systématique du blé dur est la suivante :

Classe : *Liliopsida*

Ordre : *Cyperales*

Famille : *Poaceae* (graminées)

Genre : *Triticum*

Espèce : *Triticum durum* (linné, 1753)

b) Blé tendre :

Le blé tendre appartient à la :

Classe : *Liliopsida*

Ordre : *Cyperales*

Famille : *Poaceae* (graminées)

Genre : *Triticum L*

Espèce : *Triticum aestivum* (linné, 1753)

3- Description morphologique de la plante

C'est une graminée dont "la tige" rectiligne creuse est cloisonnée par des nœuds pleins et renflés : ce genre de tige a reçu le nom de chaume. Vers la base, chaque nœud au contact du sol porte un faisceau de racines adventives et souvent une tige verticale non ramifiée. C'est ainsi qu'un seul grain peut donner naissance à plusieurs tiges. Le phénomène favorisé par les roulages de printemps a reçu le nom de tallage.

Les feuilles qui prennent naissance au niveau des nœuds sont disposées en deux rangées opposées autour de la tige. Elles sont sans pétiole, engainantes à la base avec une languette membraneuse appelée ligule, puis rubanées avec des nervures parallèles.

C'est une plante annuelle, semée à l'automne (blé d'hiver) ou au printemps (blé de printemps), qui fructifie en été.

L'épi est composé de petits épis ou épillets. Chaque épillet est enveloppé de deux bractées protectrices appelées glumes. Il est composé de trois, quatre, cinq fleurs avec une fleur terminale stérile. Chaque fleur est elle-même entourée de deux petites bractées protectrices ou glumelles. Dans les blés non barbus, chaque glumelle inférieure se termine par une courte pointe. Dans les blés barbus, chaque glumelle inférieure porte une longue arête. Dans l'utilisation du blé, l'élimination des glumes et des glumelles indigestes se faisait beaucoup par torréfaction jusqu'à une période récente, elle se faisait aussi et se fait toujours par battage et par vannage.

La fleur est verdâtre et dépourvue de corolle : il n'y a pas de pétales colorés. Le calice est formé de deux minuscules écailles ou glumelles jouant le rôle de sépales. Il y a trois étamines et le carpelle unique, qui ne renferme qu'un seul ovule, présente un ovaire renflé à la base et il est surmonté de deux stigmates plumeux. L'organe femelle reste enfermé dans les glumelles ; la plupart du temps, il y a autogamie par autofécondation de la fleur par son propre pollen.

Le grain de blé est un akène d'un type spécial. Le tégument de la graine et la paroi du fruit sont soudés en un tégument unique si bien que le grain de blé, tout en étant un vrai fruit, présente l'aspect d'une simple graine. Ce fruit sec qui est appelé caryopse est caractéristique des graminées. L'essentiel du grain est constitué par un organe de réserve appelé albumen formé d'amidon et de plus ou moins de gluten : chez les blés tendres l'albumen est pauvre en gluten, chez les blés durs l'albumen est plus riche en gluten. La plantule qui n'occupe qu'une petite partie du grain n'est formée que d'un seul cotylédon. Elle comprend la radicule et la gemmule logées dans des étuis. Radicule et gemmule

s'allongent et percent les étuis pour donner les racines et la tige. La tigelle embryonnaire ne s'allonge pas et le grain qui ne lève pas reste dans le sol.

Les deux principales espèces actuellement cultivées sont le blé commun ou blé tendre, riche en amidon, cultivé un peu partout dans les régions tempérées : *Triticum aestivum Lamk.* Et le blé dur, riche en amidon et en gluten est cultivé dans des zones plus chaudes et plus sèches : *Triticum durum L.*

4- Importance et Utilisation du blé

La majorité des utilisations des blés concerne l'alimentation humaine et animale. Dans l'alimentation humaine, Les grains transformés en semoule servent à la fabrication de pain, de galettes, de couscous et surtout des pâtes alimentaires. Contrairement à l'amande farineuse, blanche et friable du blé tendre, l'amande du blé dur est jaune, translucide mais surtout dure. Après la récolte, les grains de blé dur sont nettoyés, triés puis transformés en semoule par broyage. Suite à cette étape, on obtient 3 types de semoule:

- une semoule fine pour fabriquer les pâtes,
- une semoule moyenne pour le couscous,
- une grosse semoule utilisée dans la fabrication de potages et d'entremet.

Le blé tendre quant à lui est utilisé principalement en meunerie pour obtenir de la farine nécessaire à la production de pain, de viennoiseries ou de pâtisseries. Outre ces utilisations classiques du blé, de nouvelles utilisations à échelle industrielle sont apparues depuis quelques années telles que la fabrication de bioplastiques à base de gluten ou d'amidon. Les principaux débouchés sont les sacs plastiques, les plastiques agricoles, les emballages et certains produits d'hygiène. Ces bioplastiques ont l'avantage par rapport à leurs homologues d'origine fossile d'être biodégradables et renouvelables. L'amidonnerie, un autre secteur valorisant le blé, utilise l'amidon pour faire des épaississants alimentaires. Par l'intermédiaire de la chimie, l'amidon a de multiples usages. Par exemple dans l'industrie pharmaceutique, Il est utilisé en tant que dragéfiant, liant ou encore principe actif tel que le sorbitol. Dans de moindres proportions, l'amidon transformé peut être employé dans la fabrication de papier, de carton mais aussi de détergents. L'amidon du blé tendre est également utilisé depuis plusieurs années comme matière première pour la fabrication de biocarburants. (FAO, 2008)

5- Composition chimique et valeur nutritive du blé:

a) Les protéines :

Les protéines sont considérées comme l'élément nutritif le plus important pour les humains et les animaux, la teneur en protéine dans les grains de blé peuvent varier entre 10% et 18% de la matière sèche totale (Zuzana Šramková, 2009)

Les protéines de blé sont classées en fonction de leur solubilité dans divers solvants. Cette classification est basée sur le travail classique de TD Osborne au tournant du dernier siècle. Dans sa procédure d'extraction séquentielle, les résultats des fractions protéiques de grains de blé moulu sont les suivantes :

- Les albumines, qui sont solubles dans l'eau ;
- Les globulines, qui sont insolubles dans l'eau pure, mais solubles dans des solutions diluées de NaCl, et insoluble à des concentrations élevées de NaCl ;
- Les gliadines, qui sont solubles dans l'alcool éthylique à 70%, et ;
- Les gluténines, qui sont solubles dans des solutions d'acide dilué ou de l'hydroxyde de sodium.

Les Albumines sont les plus petites protéines de blé, suivie en taille par les globulines. Par contre les gliadines et les gluténines sont des protéines complexes de haut poids moléculaire. Les albumines et les globulines couvrent une fraction d'environ 25% des protéines totales des céréales (Belderok et al. 2000). Les Gliadines et les gluténines sont des protéines de stockage et couvrent environ 75% de la protéine totale.

b) L'Amidon :

L'amidon est essentiellement un polymère de glucose. Chimiquement, au moins deux types de polymères sont à distinguer : l'amylose et l'amylopectine. La quantité d'amidon contenu dans un grain de blé peut varier entre 60% et 75% du poids sec total du grain. Le blé a deux types de granules d'amidon : grandes (25-40 um) lenticulaires et petites (5-10um) sphériques. Les granules lenticulaires sont formés au cours des 15 premiers jours après la pollinisation. Les petits grains, représentant environ de 88% du total des granules, apparaissent de 10 à 30 jours après la pollinisation (Belderok et al, 2000).

c) Les lipides :

Les graines de blé de maturation synthétisent des acides gras à des taux différents. La biosynthèse des lipides dépend d'acétyl coenzyme A. Ce composé important est impliqué dans la synthèse des lipides acyle tels que les glycérides, les phospholipides, les cires de sphingosine ainsi que la série d'isoprénoïde (Cornell, 2003).

Le germe possède la plus grande quantité des lipides (11%), mais des quantités importantes sont également associées avec le son (Cornell, 2003).

d) Les fibres :

Les fibres alimentaires sont définies comme la lignine ainsi que les composants de polysaccharides des plantes qui sont digestibles par les enzymes dans le tractus gastro-intestinal humain (Bermink, 1994). Ces composants sont généralement divisés en deux catégories : les fibres alimentaires solubles dans l'eau, comprenant les substances pectiques et les hydrocolloïdes, et les fibres alimentaires insolubles dans l'eau comprenant la cellulose, l'hémicellulose et la lignine. Les grains du blé entiers sont de bonnes sources des fibres insolubles, les arabinoxylanes (AX) et (1 → 3), (1 → 4) -β-glucanes sont les importants composants des parois cellulaires de l'endosperme du blé.

La prise de conscience croissante des avantages potentiels de l'alimentation riche en fibres a promu une culture l'intérêt pour la consommation de pains de grains entiers et les pains de son. La supplémentation a été utilisée pour améliorer la teneur en fibres des aliments. Certains produits de boulangerie fibre fortifiée ont été disponibles depuis des années. Alors que la supplémentation a mis l'accent sur biscuits, craquelins et autres produits à base de céréales, l'amélioration de la teneur en fibres dans les grignotines, les boissons, les épices, l'imitation fromages, sauces, aliments congelés, viandes en conserve, les analogues de la viande et d'autres aliments a également été en enquête (Hesser, 1994). Traditionnellement, la supplémentation en fibres a mis l'accent sur l'utilisation de broyage sous-produits de grains de céréales. Tous les sous-produits de la mouture de blé, de maïs, de sorgho et d'autres céréales, ainsi que les sous-produits de la mouture humide du maïs et du blé, sont étudiés comme des suppléments de fibres possibles (Matz, 1991). Néanmoins, aux avantages nutritionnels, des farines de blé s'associent des quantités significatives de composés indésirables, tels que les phytates (myo-inositol hexaphosphate) (Lopez et al, 2000; Lopez et al., 2001). La plupart du phosphore inorganique (Pi) présent dans les céréales matures graines (40-80%) sont stockées sous forme de phytates formant des complexes avec des minéraux tels que Ca^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} et Mg^{2+} et réduisent leur biodisponibilité. L'addition de son de blé réduit significativement les propriétés

nutritionnelles des échantillons de biscuits en raison de la présence de l'acide phytique (PA) (Bilgiçi et al. 2007).

Le blé n'est généralement pas considéré comme une source de β -glucane; les niveaux sont généralement moins de 1%. Cependant, les techniques histochimiques spécifiques révèlent une localisation distincte dans l'aleurone et la région sous-aleurone adjacente.

De nombreuses études (McKee et Latner 2000; Philippe et al. 2006; Weickert et Pfeiffer 2007; Rave et al. 2008) ont démontré les effets bénéfiques de la consommation des fibres dans la protection contre les maladies cardiaques et le cancer, la normalisation des taux des lipides sanguins, la régulation de l'absorption du glucose et la sécrétion d'insuline et la prévention de la constipation.

e) Les vitamines :

Les vitamines sont définies comme un groupe diversifié de substances organiques essentielles à base d'aliments (relativement petites molécules mais comparable en taille à des acides aminés ou des sucres) qui ne sont pas synthétisées par le corps humain, mais produites par les plantes et les microorganismes. Par conséquent, les vitamines sont des micronutriments qui ont plusieurs rôles essentiels, y compris: (1) leur rôles en tant que coenzymes ou leur précurseurs (niacine, la thiamine, la biotine, l'acide pantothénique, la vitamine B6, la vitamine B12 et feuillages), (2) des fonctions spécialisées comme la vitamine A dans la vision et l'ascorbate en réactions d'hydroxylation distinctes; (3) en tant que composants des systèmes de défense antioxydants (vitamine C et E et certains caroténoïdes), et des facteurs impliqués dans la régulation génétique humaine et de la stabilité génomique (acide folique, la vitamine B12, la vitamine B6, la niacine, la vitamine C, la vitamine E et D) (Paredes-López et Osuna-Castro 2006).

f) Les caroténoïdes :

La voie de biosynthèse des caroténoïdes a été bien étudiée chez les bactéries et les plantes. Les caroténoïdes des plantes sont synthétisés à partir des Géranylgeranyldiphosphates (GGPP) dans les plastes. Le phytoène synthase (PSY) catalyse la formation de phytoène (15-cis-phytoène) à partir de deux molécules de GGPP. Le Phytoène est converti en f-carotène par le phytoène désaturase et plus tard en prolycopène par le f-carotène désaturase. Le Carotène cistrans-isomérase catalyse la transisomérisation de prolycopène en tout-trans-lycopène et le lycopènecyclase (LCY) convertit le trans-lycopène en α -carotène ou β -carotène. L' α - et β -carotène sont convertis en zéaxanthine et lutéine, respectivement par l'hydroxylases (Yonekura-Sakakibara et Saito 2006).

g) Les minéraux :

➤ Le zinc (Zn) :

La concentration moyenne de zinc dans les grains entiers de blé dans divers pays se situe entre 20 à 35mg.kg-1 (Cakmak et al. 2004). La plupart du zinc se situe dans l'embryon et couche d'aleurone, tandis que l'endosperme a une très faible concentration en Zn (Ozturk et al. 2006).

La carence en zinc est responsable de sévères complications de la santé, y compris les dépréciations de la croissance physique, le système immunitaire et la capacité d'apprentissage, associée à un risque accru d'infections, des dommages de l'ADN et le développement du cancer (Hotz et Brown 2004 ; Gibson 2006 ; Prasad 2007)

➤ Le sélénium (Se) :

Le sélénium (Se) est un composant intégral nécessaire pour le métabolisme cellulaire normal chez les êtres humains et les animaux. Le sélénium (Se) est considéré aussi comme un micronutriment essentiel, dans l'alimentation humaine et animale avec des effets antioxydants, anti-cancer et anti-viral (Arthur, 1999).

Le blé est une source alimentaire importante de (Se), la Concentration de ce dernier dans le grain de blé est très variable allant de 0,02 à 0,60 mg.kg-1 pour la plupart de blé du monde (Alfthan et Neve 1996).

6. La production mondiale et nationale des blés:

a. Au niveau mondial :

Une grande part de la récolte mondiale de blé est produite par une dizaine de pays. Pour la campagne 2010-2011, les cinq plus grands producteurs de blé sont l'Union européenne, la Chine, l'Inde, les Etats-Unis et la Russie, ils représentent 66 % de la production mondiale. L'apparition de l'Inde dans ce groupe est l'unique exception. Cette dernière a multiplié par 8,3 sa production de blé depuis 1960, devenant ainsi le troisième plus grand producteur de blé au monde. (FAO).

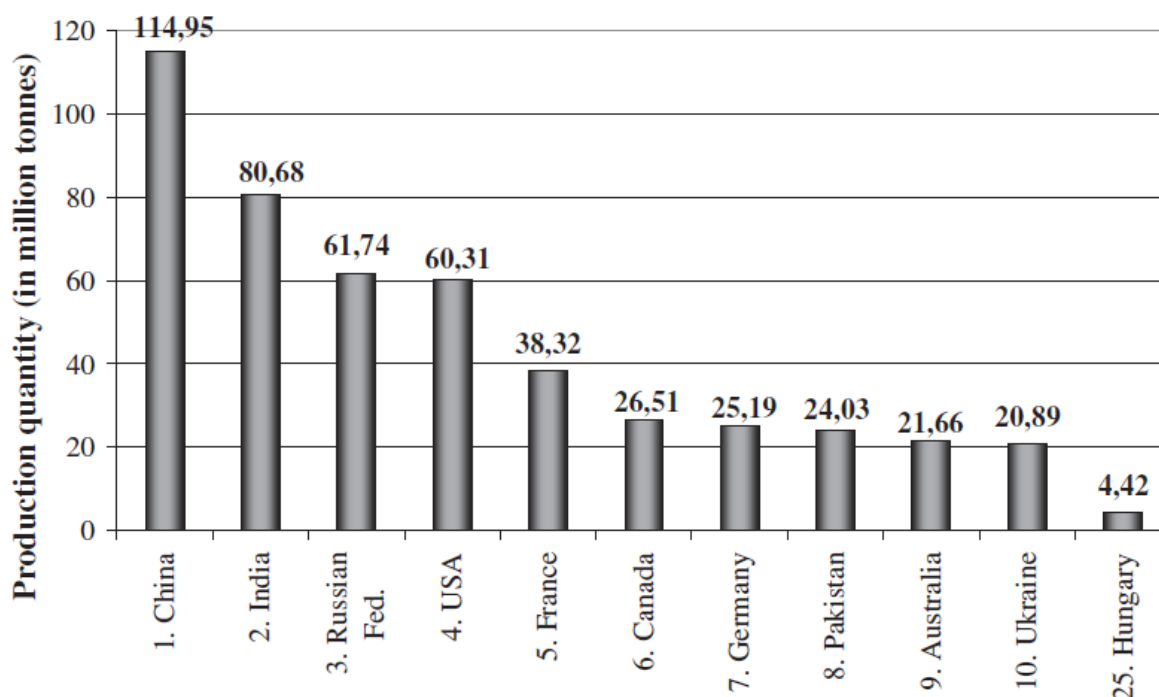


Figure 1: Quantité de la production des 10 premiers pays producteurs du blé dans le monde (source FAO, 2011)

b. Au niveau national

Dans la période 1996-2004, la superficie des céréales était estimée à près de 5,1 millions d'ha en moyenne. Plus de 43% de cette superficie était réservée à la culture de l'orge, suivie par le blé tendre (35%) puis le blé dur (20%), le reste a été semé en maïs, riz, sorgho, etc. La production des céréales s'élève en moyenne à plus de 58 millions de quintaux. Les blés représentent 64% de la production en céréales suivis de l'orge (31%) et du maïs (3%). Les rendements varient considérablement d'une année à l'autre en fonction des conditions météorologiques et ne reflètent pas les efforts déployés pour intensifier la production ; ils n'ont pas dépassé 12 quintaux / ha en moyenne sur les cinq dernières années, avec 16 quintaux / ha dans le cas du blé tendre.

L'analyse de l'évolution de la production des céréales montre que la part de l'orge a chuté de manière significative d'un peu plus de 50% de la production céréalière en 1980 à 31% en moyenne sur les cinq dernières années (Figure 3). La production du blé dur et du maïs ont également diminué, perdant 7 et 4 points de pourcentage de leur part respectivement. La production du blé tendre a augmenté de façon remarquable, de 11% à 42% de la production totale des céréales au cours de la période sous revue (Akka, 2006)

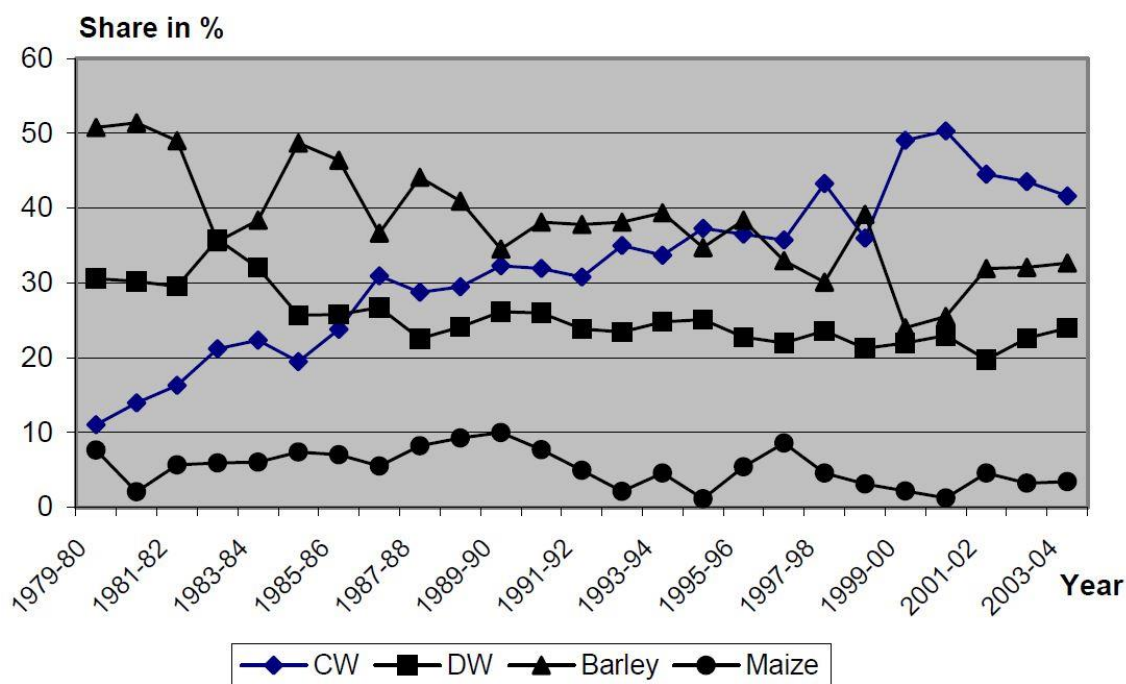


Figure 2 : Evolution de la production nationale des céréales (1979-2004) (Akka, 2006)

II. Présentation d' Avoine

1. Origine :

Selon MALZEW (1930) les avoines annuelles auraient une origine diphylétique :

— les espèces dites tétraploïdes (phylum des Aristulatae) dont le centre d'origine est la région méditerranéenne occidentale ;

— les espèces hexaploïdes (phylum des Denticulatae) dont le centre d'origine est en Asie Centrale (Mongolie) les avoines cultivées ayant été introduites en Europe comme mauvaise herbe dans l'amidonner. Aucune certitude n'existe cependant, quant à la filiation exacte des trois groupes chromosomiques et des espèces qui les composent. Selon TRABUT et MALZEW on aurait la filiation :

A. fatua - *A. sativa* - *A. nuda* - *A. sterilis* —► *A. byzantine*.

Selon COFFMAN (1946), par contre, l'on aurait la filiation :

A. sterilis - *A. byzantins* — *A. sativa* —> *A. fatua*.

2. Taxonomie :

Selon la classification classique l'avoine appartient à:

Classe : *Liliopsida*

Ordre : *Cyperales*

Famille : *Poaceae* (graminées)

Genre : *avena*

Espèce : *avena sativa* (linné.1753)

3. Description morphologique de la plante :

L'avoine est une plante annuelle, aux racines fasciculées abondantes et aux chaumes genouillés, dont la longueur varie entre 50 et 200 cm. Les feuilles habituellement glabres ont une largeur variant entre 2 et 8 mm. La sommité fleurie (inflorescence) prend la forme d'une panicule d'une longueur de 12 à 20 cm aux rameaux inégaux et étalés en tous sens. Les fleurs sont arrangées en épillets mesurant entre 16 et 24 mm de longueur à pédoncules barbus, retombants et protégés par deux glumes nervurées presque égales et dépassant la fleur. (Sherbrooke, 2004)

a) Appareil végétatif.

Au stade herbacé, l'avoine cultivée se distingue des autres céréales par:

- un feuillage d'un vert bleuté assez foncé, très différent du vert clair de l'orge;
- la présence, à la base des limbes, d'une ligule sans oreillette;
- un tallage plus faible que celui de l'orge (à type et stade de développement équivalent);
- un système racinaire pseudofasciculé, plus profond que celui de l'orge et du blé. (Sherbrooke, 2004)

b) Inflorescence.

L'inflorescence est une panicule, c'est-à-dire une grappe d'épillets portés par de longs pédoncules ou racèmes disposés en demi-verticilles. Chaque épillet est composé, suivant la structure propre aux

graminées, de deux glumes multinervées (glume inférieure et glume supérieure), d'un axe ou rachillet porteur de deux à trois fleurs entourées de leurs glumelles. Ces fleurs donnent par autofécondation quasi absolue deux à trois grains. (Sherbrooke, 2004)

c) Grain.

Il est formé d'un caryopse velu ou amande et des deux glumelles non adhérentes de la fleur qui lui a donné naissance. A maturité, ces glumelles sont soit blanches, soit colorées en noir, jaune, gris ou roux. La glumelle inférieure de chaque grain peut porter une arête La base du grain, après séparation de l'axe de l'épillet, laisse apparaître une plage plus ou moins large ou cicatrice. Enfin, l'entre-noeud du rachillet resté attaché au grain qui lui est juste inférieur forme la baguette (Sherbrooke, 2004).

4. Importance et utilisation d'avoine :

En alimentation animale, cette céréale à paille est utilisée principalement pour son grain ou comme fourrage pour les ruminants lorsqu'elle est récoltée à l'état vert. Les grains sont surtout consommés par les chevaux et conviennent bien aux volailles, alors que sa paille sert habituellement de litière. L'avoine est, en outre, utilisée dans l'alimentation humaine depuis à peine 150 ans et son principal avantage est son contenu en fibres solubles. C'est la céréale la plus riche en lipides, principalement en acides gras insaturés. De nos jours, les épiceries détaillent le son, la farine, les grains entiers ou concassés, et les flocons d'avoine. Dans l'industrie chimique, le son d'avoine sert à produire le furfural, un solvant utilisé dans la fabrication de nombreux produits industriels, notamment le nylon, des huiles lubrifiantes, des résines et des fongicides. (Sherbrooke, 2004)

Par ailleurs, depuis le XVI^e le siècle au moins, les herboristes utilisent l'avoine pour soulager divers maux dont la fatigue, les troubles nerveux, la dépression, l'insomnie, les rhumatismes, la gale et la lèpre. Des infusions de flocons d'avoine sont utilisées pour stimuler l'appétit et atténuer les douleurs à la gorge et au thorax. Il a aussi été démontré que les grains et le son d'avoine peuvent contribuer à prévenir les maladies coronariennes et les troubles cardiovasculaires. Les grains entiers d'avoine aident à abaisser le taux de glucose sanguin et contiennent le β -sitostérol, un composé anti-tumeur. Il a été, de plus, reconnu l'efficacité de la paille d'avoine pour traiter les maladies de la peau caractérisées par de l'inflammation, de la séborrhée et des démangeaisons (Blumenthal, 2000). En outre, l'avoine entre depuis plus de 100 ans dans diverses préparations pour les soins du corps : crèmes, onguents, savons, shampooings et autres produits cosmétiques. Les parties de l'avoine utilisées à des fins médicinales sont :

- 1- le grain entier décortiqué, en flocons, en semoule ;
- 2- la paille débarrassée de ses feuilles, hachée et exempte de toute trace de saleté et de maladie fongique ;
- 3- les sommités fleuries fraîches destinées à subir une extraction des principes actifs sous forme de teinture ;
- 4- les sommités fleuries séchées.

L'avoine est également beaucoup utilisée en agriculture. Elle peut servir, entre autres, d'engrais vert ou de plante- abri. En production maraîchère, les extraits de paille d'avoine préviendraient les attaques de la chrysomèle rayée du concombre (Duke, 1983), un insecte ravageur qui s'attaque aux jeunes pousses et aux fleurs des cucurbitacées.

5. Composition chimique et valeur nutritive :

Grâce à sa composition chimique particulière et ses valeurs nutritives et physiologiques, le grain d'avoine est l'objet d'études approfondies. Le grain d'avoine est caractérisé par un bon goût, propriétés diététiques et une activité de stimulation des changements métaboliques dans le corps. Tout cela fait de sa haute valeur nutritive pour les Hommes et les animaux (Marque et Merwe, 1996 ; Lia et al. 1997; Peltonen-Sainio et al, 2004; Peterson, 2004).

En comparaison avec d'autres céréales, le grain d'avoine nue est caractérisé par une plus grande quantité de protéine totale et de matières grasses brutes et une plus petite quantité de fibres brutes. Le trait caractéristique de la protéine est sa bonne composition en acides aminés à valeur nutritive élevée. Un haut niveau de graisse est une bonne source d'acides gras insaturés essentiels. Des études menées par La Marque et Merwe (1996) et Petkov et al. (2001) ont prouvé que les cultivars d'avoine nue ont une valeur nutritive de protéines supérieures à celle d'autres céréales, bien que la lysine soit encore l'acide aminé limitant.

L'avoine contient cependant des quantités relativement importantes de lipides. un tiers des lipides sont de type polaires (phospho et des galacto-lipides). (Eliasson et Larsson, 1993). (Wioletta BIELI, 2010)

6. Production mondiale et nationale :

a) Au niveau mondial :

La Russie, le Canada, les États-Unis, les 27 États de l'Europe Union européenne (UE), et l'Australie représentent, en moyenne, 77% de l'approvisionnement mondial de l'avoine à grains, (Tableau 1). Alors que la Russie reste le plus grand producteur d'avoine dans le monde entier, à 20% de la production mondiale totale, la majeure partie de la production de la Russie est consommée sur les fermes. Environ les deux tiers de production mondiale sont utilisés pour l'alimentation animale et un tiers pour la consommation humaine (Strychar, 2009).

Tableau 1 : Production mondiale d'avoine en milliers tonnes et le pourcentage mondiale (Strychar, 2009) (Source : U.S. Department of Agriculture)

Country	Crop Year									Percent of World Total
	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	
EU-27 ^c	8,783	8,491	9,680	9,019	9,146	7,968	7,768	8,823	8,952	34
Russian Federation	6,000	7,700	5,700	5,200	4,950	4,550	4,900	5,400	5,400	20
Canada	3,389	2,691	2,911	3,377	3,467	3,283	3,852	4,700	4,300	15
United States	2,165	1,707	1,684	2,096	1,679	1,667	1,359	1,330	1,287	7
Australia	1,050	1,434	957	2,018	1,283	1,690	748	843	1,400	5
Ukraine	881	1,116	943	925	1,000	800	700	550	800	3
Belarus	495	530	575	500	770	600	550	600	900	2
China, People's Republic of	600	600	600	600	600	600	600	600	600	2
Brazil	330	277	390	413	433	517	475	475	475	2
Argentina	645	645	500	348	508	350	400	470	500	2
Chile	345	416	420	425	425	420	380	380	380	2
Norway	397	330	279	333	359	360	360	360	360	1
Turkey	314	265	290	285	290	290	290	290	290	1
Kazakhstan, Republic of	80	218	100	100	140	140	140	160	160	1
Mexico	30	90	65	95	75	80	80	80	80	0
Others	473	523	505	525	542	546	563	537	537	2
World	25,977	27,033	25,599	26,259	25,667	23,861	23,165	25,598	26,421	100

b) Au niveau national :

Au Maroc, la culture d'avoine s'étend chaque année sur 99 000 ha. Elle est cultivée dans le Bour favorable et intermédiaire en culture pure (86 288 ha) ou en mélange avec la vesce (12 953 ha). La forme cultivée d'avoine au Maroc est l'avoine commune hexaploïde *A. sativa* L. ($2n = 6x = 42$) (Saidi N. et SalihIdrissi A).

Les statistiques récentes ont montré que les superficies des dix dernières années ont subi une régression de la culture en mélange au dépend de la culture pure. Ainsi, la superficie de la culture

pure est de 80000 ha et celle des mélanges 12953 ha en 2006 (Saidi et Al faiz, 2008).l'avoine est classée la troisième culture fourragère après la luzerne et l'orge ;

Elle contribue de 36% à la production fourragère totale (Saidi et Alfaiz, 2008)

7. Valorisation de la farine de l'avoine :

La consommation d'avoine est considérée comme ayant des avantages importants pour la santé. L'enrichissement des nouilles blanches salées avec de la farine d'avoine peut procurer un avantage potentiel pour la santé, mais peut affecter la texture et la qualité sensorielle. Les Cultivars d'avoine cultivés en Australie occidentale (Yallara, Kojonup, Mitika, Carrolup, la nouvelle lignée (SV97181-8) et une variété d'avoine commerciale ont été broyés et ajoutés à la farine du blé à 10, 20, et 30% pour produire des nouilles blanche salées enrichies d'avoine. Le but de l'étude était de déterminer les caractéristiques de qualité des farines d'avoine et d'évaluer l'influence des mélanges de farine d'avoine sur la texture des nouilles, la couleur et les caractéristiques sensorielles; Les résultats indiquent que la teneur en cendres, en protéine et la fermeté des nouilles s'accroissent avec l'augmentation du pourcentage de farine d'avoine dans les formulations des nouilles, tandis que les propriétés de collage des mélanges de farine nouilles de blé -avoine ne diffèrent pas significativement. La couleur des feuilles de nouilles premières et nouilles bouillies change de manière significative avec l'incorporation d'avoine et a abouti à une légèreté / luminosité inférieure, rougeurs supérieur, jaunissement inférieur, et la stabilité de couleur inférieure en comparaison avec le blé standard nouilles blanches salées. Les nouilles faites avec le pourcentage d'avoine plus bas (10%) sont meilleures pour tous les paramètres sensoriels et étaient significativement différentes en apparence, la couleur et l'acceptabilité globale par rapport aux nouilles faites avec 20 et 30% de farine d'avoine. La teneur en β -glucane de la farine des mélanges augmentait avec l'augmentation du niveau d'incorporation d'avoine mais par la suite diminuait au cours du traitement en nouilles. La diminution de la teneur en β -glucane varie entre les différents cultivars d'avoine et des taux d'incorporation dans les nouilles. Un nouveau cultivar d'avoine, SV97181-8, présentait le moins de perte en β -glucane pendant le traitement. Dans cette étude, les caractéristiques de qualité des nouilles blanches salées enrichies avec de la farine d'avoine de cultivars australiens occidentaux étaient déterminées pour fournir des informations essentielles pour le développement commercial. (Sabori Mitra, 2012).

8. Intérêt et Importance de l'utilisation de l'avoine dans la farine commerciale du blé :

Les Produits de boulangerie sont le troisième composant le plus important des régimes alimentaires de base [Cichon&Miœniakiewicz, 2001]. Leur valeur nutritionnelle varie et dépend des recettes utilisées dans leur production. En Pologne, des farines constituées de mélanges de blé et de seigle blanc sont le plus fréquemment utilisées pour la panification, même si elles sont déficientes en nutriments précieux présents dans le manteau et couche d'aleurone du grain. Par conséquent, les produits de boulangerie devrait être modifiés avec divers additifs pour équilibrer leur qualité nutritionnelle et de compenser la perte de nutriments [Szajewska *et al.* 2001].

La céréale qui attire beaucoup d'intérêt dans ce contexte en raison de sa valeur nutritionnelle est l'avoine. Son grain est riche en protéines et en fibres alimentaires et sa teneur en acide gras est favorable [Liukkonen et al. 1992]. L'étude de Wieser et al. [1980] a montré que la farine d'avoine est beaucoup plus riche en protéines que les farines du blé, seigle, orge, riz, maïs et sorgho. La teneur en lipides moyenne de grain d'avoine atteint 5-9%, triaglycerols avec un fort pourcentage des acides gras insaturés constituant la fraction principale [Kawka, 1996]. Anderson Ponts, al [1993] ont souligné l'importance profonde des fibres alimentaires solubles dans l'eau à la farine d'avoine et son du blé.

D'après leurs résultats, l'incorporation des produits d'avoine dans un régime humain abaisse le taux de cholestérol dans le sang. Effet plus bénéfique sur leur qualité, par rapport à la farine du blé.

Ainsi, les produits d'avoine peuvent être considérés comme des additifs précieux aux farines de blés. Cependant, ils peuvent également affecter diversement la qualité du produit cuit en raison de divers facteurs tels que la qualité de la farine du blé, le type et la quantité de produits de l'avoine. (Anna Czubaszek, 2005)