

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE L RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة المسيلة

UNIVERSITE DE M'SILA



MEMOIRE

Présenté

A LA FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

Pour obtenir

Le Diplôme des études supérieures en Biologie (DES)

OPTION : **BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALE (BPV)**

Par

Bourahla W, Torki K

THEME:

**L'évaluation de L'efficacité d'utilisation de l'eau comme un critère
de sélection chez le blé dur
(*TRITICUM DURUM DESF.*)**

Encadré par : Hadji A

Promotion:2010-2011

remerciement

*Ce modeste travail n'aurait pu aboutir sans l'aide de notre puissant **dieu** qui nous a donné courage, volonté, patience pour la réalisation de notre mémoire.*

Nous voudrions remercier ici tous ceux qui nous ont réellement aidé et amener ce document à notre terme surtout :

*★ Notre encadreur **M. Hadji abas.***

*★ **Mr: BOUNE***

Egalement, un grand nombre de personnes ont participé de manière directe ou indirecte à l'élaboration de ce travail, nous tiens à les remercier de tout cœur, tous sans oublier personne :

★ Les membres de notre famille

★ Les étudiants de fin de cycle de biologie et physiologie végétale de

★ 2010-1011 ★

Enfin merci a toutes et à tous.

*★ **Khalissa** ★★★ **warda** ★*

Sommaire:

Liste des figures

Liste d'abréviations

Introduction

Chapitre I: Généralité sur le blé dur

1. Historique de blé	01
2. Origine de blé dur	01
2.1. Origine génétique	01
2.2. Origine géographique.....	01
3. Description générale de blé dur.....	02
4. Classification botanique de blé dur.....	03
5. Composition histologique du grain de blé dur.....	03
6. Le cycle de développement de Blé dur	04
6.1. La période végétative.....	04
6.1.1. Stade de germination – levée.....	04
6.1.2. Stade de tallage.....	05
6.1.3. Stade de montaison.....	05
6.2. La période reproductrice.....	05
6.2.1. Stade d'épiaison.....	05
6.2.2. Stade de floraison.....	05
6.3. La période de maturation.....	05
6.3.1. Stade de formation et de remplissage du grain.....	05
6.3.2. Stade de maturation.....	06
7. Importance du blé dur.....	06
7.1. Importance alimentaire.....	06
7.2. Importance économique.....	07
7.3. Le blé dans le monde	07
7.4. Le blé dans l'Algérie.....	07
8. Notion de stress.....	08
8.1. Stress hydrique.....	08
8.1.1. Définitions.....	08
8.1.2. Les effets d'un déficit hydrique sur la plante.....	08
8.2. La salinité	08

8.2.1. Effet de la salinité sur le blé dur.....	09
8.3. Influence de la température.....	10
8.3.1. L'effet de la température sur la plante.....	10

Chapitre II: L'amélioration de blé dur

1. Méthodes d'amélioration du blé	11
1.1. Méthodes de création de la nouvelle variabilité.....	11
1.1.1. L'hybridation.....	11
1.1.1.1. L'hybridation interspécifique.....	11
1.1.1.2. L'hybridation intervariétale	11
1.1.1.2.1. Définition.....	11
1.1.1.3. Les modes d'hybridation.....	12
1.1.2. La mutagénèse.....	12
1.1.3. Les transformations génétiques chez les céréales.....	13
1.1.3.1. Les systèmes de transformation par vecteurs.....	13
1.1.3.2. Transfert direct d'ADN dans les protoplastes.....	13
1.1.3.3. Transfert direct de gènes.....	13
1.2. Méthodes de sélection	14
1.2.1. Définition.....	14
1.2.2. choix du programme de sélection après hybridation.....	14
1.2.3. Les types de sélection.....	14

Chapitre III: L'efficacité d'utilisation d'eau chez le blé dur

1. Efficacité d'utilisation de l'eau	16
1.1. L'efficacité d'utilisation d'eau instantanée et intrinsèque ($EUE_{instantanée}$, $EUE_{intrinsèque}$).....	16
1.2. Efficacité d'utilisation de l'eau comme critère de sélection.....	17
1.3. Sélection pour l'efficacité d'utilisation de l'eau à l'échelle de la feuille.....	18
1.3.1 Diminution du gradient de la concentration en vapeur d'eau.....	19
1.3.2. Changement du rapport C_i / C_a	19
2. Relation entre $\Delta^{13}C$ et l'efficacité d'utilisation de l'eau.....	20
3. Relation entre Efficacité d'utilisation d'eau et le stress hydrique.....	21
4. Efficacité d'utilisation de l'eau en relation avec la concentration du CO_2	21
Conclusion.....	23

Bibliographie

Résumé

Liste d'abréviation :

ADN : Acide dioxyde nucléique.

EUE : L'efficacité d'utilisation de l'eau.

EUEi : L'efficacité d'utilisation de l'eau intrinsèque.

W : L'efficacité de la transpiration.

Es : L'eau perdue par évaporation de la surface du sol.

T : L'eau perdue par transpiration du végétal.

ET : Evapotranspiration.

HI : Biomasse aérienne.

G_c : Le produit de la conductance stomatique pour le CO₂.

C_a : Le gradient de la concentration du CO₂ à l'extérieur de la feuille.

C_i : Le gradient de la concentration du CO₂ à l'intérieur de la feuille.

G_w : Vapeur d'eau.

W_i : Le gradient de la concentration de la vapeur d'eau, à l'intérieur de la feuille.

W_a : Le gradient de la concentration de la vapeur d'eau à l'extérieur de la feuille.

A : Le taux net de la photosynthèse.

G : Conductance stomatique.

Δ¹³C : La discrimination isotopique du carbone.

CO₂ : Dioxyde de carbone atmosphérique.

Liste des figures:

Figure (1): coupe d'un grain du blé.....04

Figure (2): Le cycle de développement du blé.....06

Figure (3) : Plan représenté les différentes notions de l'efficacité d'utilisation d'eau.....22



Introduction :

Les céréales occupent à l'échelle mondiale une place primordiale dans le système agricole. Les céréales sont considérées comme une principale source de la nutrition humaine et animale (Slama et *al.*, 2005), selon (FAO, 2007) leur production arrive jusqu'à 2001.5 Mt.

Parmi ces céréales, Le blé occupe la première place pour la production mondiale et la deuxième après le riz, comme source de nourriture pour les populations humaines, il assure 15% de ses besoins énergétiques (Bajji, 1999).

Le blé est une céréale importante en termes de consommation intérieure dans de nombreux pays du monde. Il sert principalement à la fabrication de semoule, matière première des pâtes alimentaires (feuillet, 2000). Sur la scène mondiale, la superficie moyenne consacrée annuellement à la culture du blé dur s'étend sur environ 18 millions d'hectares, ce qui donne une production annuelle moyenne approximative de 30 millions de tonnes métriques (Anonyme, 2002).

Le blé est cultivé principalement dans les pays du bassin Méditerranéen à climat arides et semi-arides là où l'agriculture est dans la plus mauvaise passe. Elle se caractérise par l'augmentation de la température couplée à la baisse des précipitations, en plus la désertification et la sécheresse tuent les sols agricoles (Abeledo et *al.*, 2008).

L'Algérie avant les années 1830, exporte son blé au Monde entier. Actuellement l'Algérie importe son blé et se trouve dépendante du marché international (Anonyme, 2006).

L'objectif d'amélioration fixé est une combinaison entre le potentiel de production, d'adaptation aux différentes zones agro-écologiques et de tolérance aux principales maladies.

Plusieurs caractères adaptatifs, d'ordre phénologiques, morphologiques et physiologiques, participent à l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques (Boudour, 2006).

L'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE), définie comme la production de biomasse par unité d'eau consommée, est un caractère important de tolérance à la sécheresse. La sélection pour l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau est confrontée à la lourdeur et au coût de mesures directes sur de larges effectifs et en conditions de plein champ.(Merah, et al., 1999 in Nadjim, 2006).



Dans ce travail on a fait quelques recherches qui est réalisé en trois partie:

-dans La premiere partie on a parlé sur des généralités sur le blé qui contient l'historique de la plante, la morphologie, la classification , le cycle de développement et effets de differents types des stress sur la plante.

- dans La deuxième partie on a parlé sur les méthodes d'amélioration de la qualité de blé, Les caractères agronomiques, le rendement, la tolérance à la sécheresse.

-La troisième partie porte sur l'étude de l'efficacité d'utilisation de l'eau comme un critère de sélection chez le blé dur.



1. Historique de blé :

Le blé est l'une des premières espèces cultivées par l'homme. Depuis plus de 7000 à 10000 ans le blé occupe le croissant fertile, zone couvrant la Palestine, la Syrie, l'Irak et une grande partie de l'Iran (Croston et Williams, 1981 in Cherfia, 2010). Des vestiges de blés, diploïdes et tétraploïdes, remontant au VII^{ème} millénaire avant J.C ont été découverts sur des sites archéologiques au Proche Orient (Harlan, 1975 in Cherfia, 2010).

Le blé dur espèce connue depuis la plus haute antiquité, appartient au groupe des tétraploïdes, du genre *Triticum* qui comprend de nombreuses espèces. Le blé (*Triticum*), le riz (*Oriza L.*) et le maïs (*Zea mays L.*) constituent la base alimentaire des populations du globe et semblent avoir une origine commune : issues d'une même espèce ancestrale qui aurait contenu tous les gènes dispersés chez les trois espèces actuelles (Yves et De Buyser, 2000 in Cherfia, 2010).

L'homme et la culture de blé précède l'histoire et caractérise l'agriculture née en Europe, il y a 8000 ans le passage d'une civilisation de nomade à celle d'agriculture sédentarisée et le résultat de la domestication progressive cultivées, dont la plus ancienne semble de l'Amérique latine, européenne de l'Asie et de l'Afrique (Feuillet, 2000).

2. Origine de blé dur :

2.1. Origine génétique :

La filiation génétique des blés est complexe et incomplètement élucidée. Il est acquis que le génome A provient de *triticum monococcum* , le génome B d'un *Aegilops (bicornis, speltoides, longissima ou searsii)* et le génome D d'*Aegilops squarrosa* (également dénommé *Triticum tauschii*). Le croisement naturel *T. monococcum* x *Aegilops* (porteur du génome B) a permis l'apparition d'un blé dur sauvage de type AABB (*Triticum turgidum* ssp. *Dicoccoides*) qui a ensuite progressivement évolué vers *T. turgidum* ssp. *dicoccum* puis vers *T. durum* (blé dur cultivé). Les blés tendres cultivés (AA BB DD) seraient issus d'un croisement, également naturel, entre *T. turgidum* ssp. *dicoccum* (AA BB) et *Aegilops squarrosa* (DD).(Feuillet, 2000).

2.2. Origine géographique:

Le moyen-orient désigne comme centre géographique d'origine où coexisteraient les espèces parentales. C'est à partir de cette zones d'origine que l'espèce s'est différenciée vers trois différentes régions : le bassin occidental de la méditerranée, le sud de l'ex URSS et le proche orient. Chaque centre de différenciation donne des caractères morphologiques et physiologiques particuliers(Grignac, 1978).



3. Description générale de blé dur :

En termes de production commerciale et d'alimentation humaine, cette espèce est la deuxième plus importante du genre *Triticum* après le blé tendre. Leur famille comprend 600 genres et plus de 5000 espèces (Feuillet, 2000).

Il s'agit d'une graminée annuelle de hauteur moyenne et dont le limbe des feuilles est aplati. L'inflorescence en épi terminal se compose de fleurs parfaites (Soltner, 1998).

Le système racinaire comprend des racines séminales produites par la plantule durant la levée, ainsi que des racines adventives qui se forment plus tard à partir des nœuds à la base de la plante et constituent le système racinaire permanent (Bozzini, 1988 in mouellef, 2010). Le blé dur possède une tige cylindrique, dressée, habituellement creuse et subdivisée en entrenœuds. Certaines variétés possèdent toutefois des tiges pleines. Le chaume (talles) se forme à partir de bourgeons axillaires aux nœuds à la base de la tige principale (Bozzini, 1988 in mouellef, 2010). Le nombre de brins dépend de la variété, des conditions de croissance et de la densité de plantation (Clark et *al.*, 2002 in mouellef, 2010).

Comme pour d'autres graminées, les feuilles de blé dur se composent d'une base (gaine) entourant la tige, d'une partie terminale qui s'aligne avec les nervures parallèles et d'une extrémité pointue. Au point d'attache de la gaine de la feuille se trouve une membrane mince et transparente (ligule) comportant deux petits appendices latéraux (oreillettes) (Bozzini, 1988 in mouellef, 2010).

La tige principale et chaque brin portent une inflorescence en épi terminal. L'inflorescence du blé dur est un épi muni d'un rachis portant des épillets séparés par de courts entrenœuds (Soltner, 1998). Chaque épillet compte deux glumes (bractées) renfermant de deux à cinq fleurs distiques sur une rachéole. Chaque fleur parfaite est renfermée dans des structures semblables à des bractées, soit la glumelle inférieure (lemma ou lemme) et la glumelle supérieure (paléa). Chacune compte trois étamines à anthères biloculaires, ainsi qu'un pistil à deux styles à stigmates plumeux. À maturité, le grain de pollen fusiforme contient habituellement trois noyaux. Chaque fleur peut produire un fruit à une seule graine, soit le caryopse (Bozzini, 1988 in mouellef, 2010).

Chaque graine contient un large endosperme et un embryon aplati situé à l'apex de la graine et à proximité de la base de la fleur (Soltner, 1998).



4. Classification botanique de blé dur :

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *triticum* de la famille des gramineae. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments. Les deux espèces les plus cultivées sont le blé tendre (*Triticum aestivum*) et le blé dur (*Triticum durum*) mais il existe de nombreuses autres espèces de *triticum* qui se différencient par leur degré de ploïdie (blés diploïdes : génome AA ; blés tétraploïdes : génomes AA et BB blés hexaploïdes: génomes AA, BB et DD) et par leur nombre de chromosomes (14, 28 ou 42). le blé tendre possède les trois génomes AA, BB, DD constitués chacun de sept paires de chromosomes homéologues numérotés de 1 à 7 (A1 ... A7, B1...B7, D1...D7), soit au total 42 chromosomes ; le blé dur ne contient que les deux génomes AA et BB et 28 chromosomes.(feuillet, 2000).

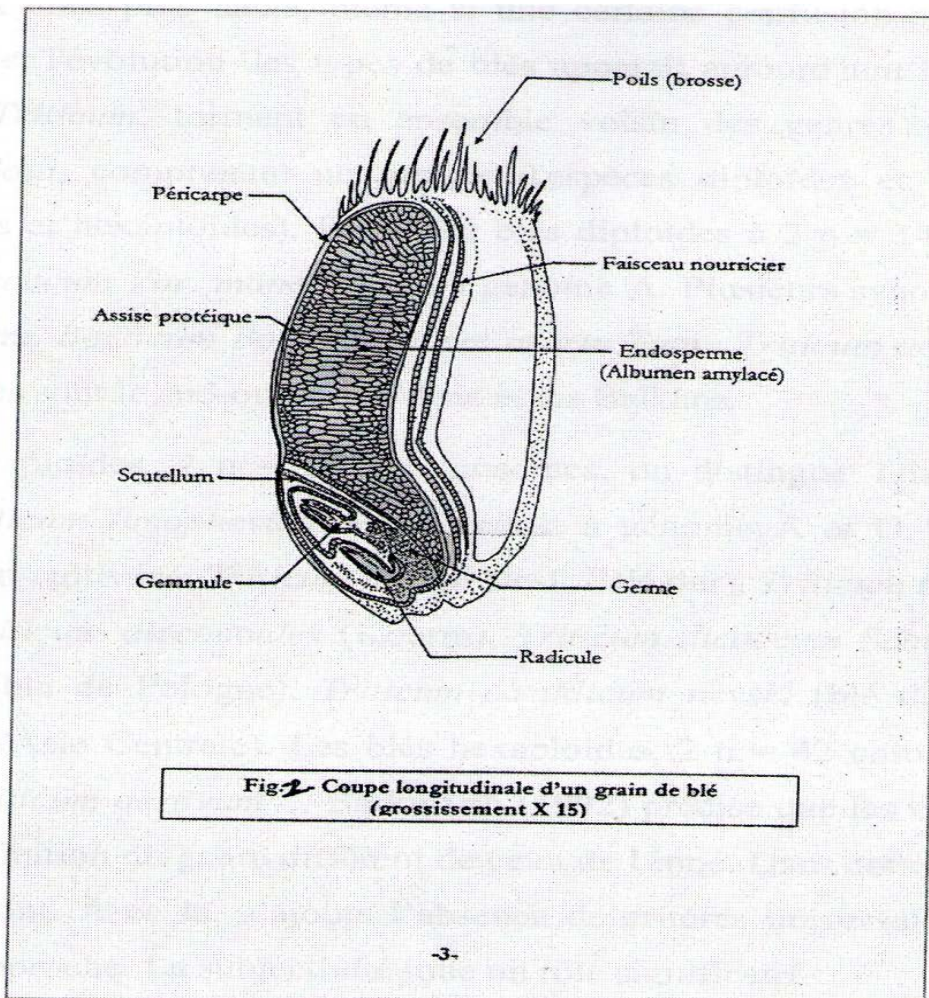
D'après la classification proposée par (Dhalgren et Clifford, 1985 in Ghanem, 1995).

Embranchement	: Phanérogames
Sous/ Embranchement	: Angiospermes
Classe	: Monocotylédones
Ordre	: Glumiflorales
Famille	: Graminée
Genre	: <i>Triticum</i>
Espèces	: <i>Triticum durum. Sp.</i>

5. Composition histologique du grain de blé dur :

Un grain de blé est formé de trois régions (figure3) :

- L'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);
- Les enveloppes de la graine et du fruit, formées de six tissus différents : épiderme du nucelle, tégument séminal ou testa (en veloppe de la graine), cellules tubulaires, cellules croisées, mésocarpe et épicarpe (13-17%);
- Le 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. (feuillet, 2000).



(Doumandji et al., 2003)

Figure (1): coupe d'un grain de blé.

6. Le cycle de développement de blé dur:

6.1. La période végétative:

6.1.1. Stade de germination – levée:

La germination de la graine se caractérise par l'émergence du coléorhize donnant naissance à des racines séminales et du coléoptile qui protège la sortie de la première feuille fonctionnelle. La levée se fait réellement dès la sortie des feuilles à la surface du sol. Au sein d'un peuplement, la levée est atteinte lorsque la majorité des lignes de semis sont visibles. Durant la phase semis levée, l'alimentation de la plante dépend uniquement de son système racinaire primaire et des réserves de la graine. (Gate, 1995).



6.1.2. Stade de tallage:

Dés que la troisième feuille est émise, on aura le pré tallage, la première observation qu'on peut faire durant cette période est le développement et la croissance des tiges latérales, ce stade est caractérisé par: la formation du plateau de tallage, l'émission des talles et la sortie des nouvelles racines(Robert et Gate, 1993 in Bourahla et Hadji, 2009).

6.1.3. Stade de montaison:

La montaison se manifeste à partir du stade épi à 1 cm par l'élongation du première entrenœud, il se produit un développement de la plante par l'arrêt du tallage et la formation des ébauches d'épillets dans le tiers inférieur du futur épi. La montaison est la phase la plus sensible au stress hydrique et ce la influence le nombre d'épillets formés (Robert et Gate, 1993 in Bourahla et Hadji, 2009).

6.2. La période reproductrice:

6.2.1. Stade d'épiaison:

Ce stade recouvre la période des épis, depuis l'apparition des premières épis jusqu'à la sortie complète de tous les épis hors de la gaine de la dernière feuille (Ropert, 1993 in Bourahla et Hadji, 2009).

6.2.2. Stade de floraison:

C'est l'apparition des étamines hors des épillets. Ace stade, la croissance des tiges est terminée, la fécondation à déjà en lieu et le nombre de grains maximum est donc fixé(Ropert, 1993 in Bourahla et Hadji, 2009). Cette durée correspond en moyenne entre 6 à 8 jours. On remarque dans ce stade deux étapes, la première est le début floraison (quelques étamines sorties), et le deuxième est la fin floraison (toutes les étamines sont sorties) (Ropert, et al., 1993 in Bourahla et Hadji, 2009).

6.3. La période de maturation:

6.3.1. Stade de formation et de remplissage du grain:

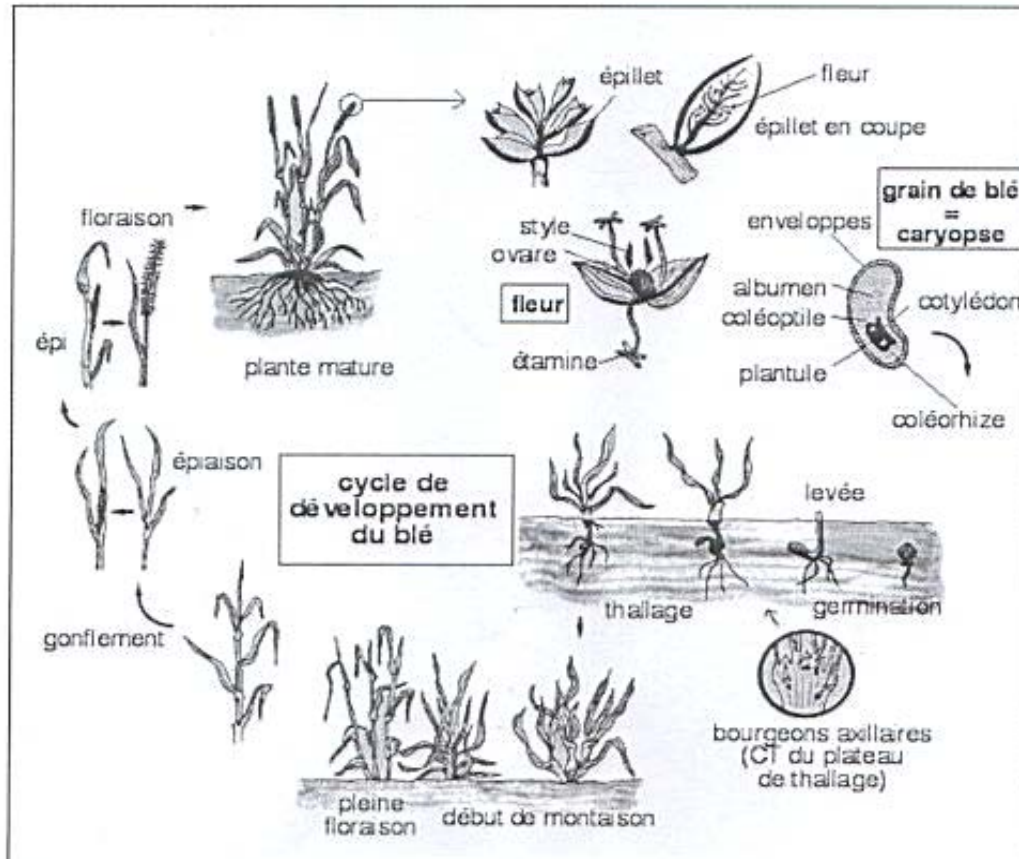
Cette période comprend deux stades:

- Grain laiteux: les enveloppes du grain sont formées, la taille potentielle du grain est déterminée.
- Grain pâteux: il est atteint, lorsque la couleur du jaune vert, donc il y'a remplissage des enveloppes (Ropert , 1993 in Bourahla et Hadji, 2009)



6.3.2. Stade de maturation:

Obtenu après la dessiccation du grain entre les stades laiteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable (Ropert, 1993 in Bourahla et Hadji, 2009)



Figure(2):Le cycle de développement du blé (vilain, 1987).

7. L'importance du blé dur:

7.1. Importance alimentaire:

la céréaliculture occupe une place de choix parmi toutes les autres spéculations car elle constitue la base alimentaire qui fournit l'essentiel des apports énergétiques et protéiques.

En effet, le blé a l'avantage de fournir en abondance des calories sous la forme la moins coûteuse qui soit un Kilo de pain fournit plus de 3000 calories, 14% de protéines et de 1 à 2% de matière grasse assurant ainsi une énergie suffisante pour travailler chaque jour (Universalis, 1998 in Saidat et Hiloul, 2008).



7.2. Importance économique:

La chine occupe la première place dans la production mondiale de blé, elle couvre avec l'inde 30% de la production mondiale, et elle a une forte évolution de son rendement (feuillet, 2000).

La chine, l'inde, les U.S.A et la France couvrent 47% de la production mondiale (FAO,2000 in Saidat et Hiloul, 2008).

7.3. Le blé dans le monde:

La production mondiale de blé dur s'est élevée en 1991 à 33,6 millions de tonne, elle a tendance à augmenter grâce à l'amélioration des rendements, mais les fluctuations d'une année à l'autre sont très importantes à cause des conditions climatiques peu favorables dans les zones traditionnelles de culture. Le blé dur est surtout cultivé dans les zones à déficit hydrique important du bassin Méditerranéen, du moyen Orient, et des plaines de l'Amérique du Nord.

Les principaux pays producteurs sont : la Turquie, l'Italie, le Canada et les U.S.A avec respectivement 5.0, 4.9, 4.6 et 2.8 Millions de tonnes. Parmi les pays producteurs les U.S.A et le Canada ont une position exportatrice. L'Afrique du Nord, le moyen Orient, importent chaque année 80% des échanges internationaux de blé dur (Grignac, 1987).

Le marché mondial du blé (hors échanges intra UE) porte sur 105 Mt, soit 18% de la production, ce qui en fait la céréale la plus échangée, loin devant le maïs (75Mt et 12,5% de la production) et le riz (respectivement 23 Mt et 6%).

En moyenne sur les trois dernières années, les principaux pôles acheteurs sont l'Asie de l'Est et du Sud-est (23% des échanges), le Proche et Moyen-Orient (17%), l'Afrique du Nord (16%), l'Amérique du Sud (12%) et l'Afrique sub-saharienne (8%) (Feuillet, 2000).

7.4. Le blé dur dans l'Algérie:

En Algérie, le blé dur détient la plus grande part des emblavures de céréales vu qu'il constitue une ressource essentielle dans l'alimentation de la population algérienne (couscous. Pâtes alimentataire).

Le rendement moyen céréalier oscillant au tour de 7,19qx/ha reste faible par rapport aux besoins de la population estimés à 220Kg/habitant/an.

Depuis 1982, plus de 82% des approvisionnements des industries de transformation sont assurés par les importations 90% des semoules et 84% des farines commercialisées proviennent de l'extérieur.



L'Algérie est le premier importateur mondial de blé dur, 50% de la production mondiale disponible sur le marché international (Anonyme, 1992 in Ghanem, 1995).

8. Notion de stress:

la notion de stress chez les plantes apparaît avec des significations différentes en biologie, qui convergent principalement en attribuant le stress à n'importe quel facteur environnemental défavorable pour une plante (Levitt, 1980). (Tsimilli-Michael et *al.*, 1998 in Mouellef, 2010) considèrent que le stress a une signification relative, avec un contrôle comme état de référence, ils considèrent le stress comme une déviation du contrôle à une contrainte. Selon (Jones et *al.*, 1989 in mouellef, 2010) un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux. D'autre part, les stress environnementaux nés de la fluctuation des facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et *al.*, 2006 in mouellef, 2010).

8.1. Stress hydrique:

8.1.1. Définitions:

Le sécheresse est définie communément comme étant une période caractérisée par un manque de pluie, qui se traduit dans un climat donné par des pertes d'eau supérieures aux disponibilités d'eau et un rendement très faible (Nemmar, 1983 in Saidat et Hiloul, 2008).

Il ya sécheresse dès lorsque l'eau devient un facteur limitant de la croissance et du rendement (Deraissac,1980 in Saidat et Hiloul, 2008).

La sechrèsse météorologique, est définie comme étant une période de pluie insuffisante qui conduit à un stress hydrique(Levitt, 1980 in Saidat et Hiloul, 2008).

Le déficit hydrique est l'état d'humidité de l'air ou du sol par rapport à l'état de saturation et à la capacité de rétention (Boulassel, 1998 in Saidat et Hiloul, 2008).

On parle de stress hydrique lorsque les réductions de l'humidité relative de l'air et du sol, entraînent des modifications du pouvoir évaporant , de la transpiration foliaire et la diminution des réserves utiles en eau du sol (Belhassen et al, 1995, Monneveux, 1997 in Saidat et Hiloul, 2008).

Le stress hydrique s'installe dans la plante quand l'absorption ne peut pas satisfaire la demande de la transpiration, la plante perde une partie de son eau d'absorption et la majeure partie des processus physiologiques commencent à être affectés (Gate, 1995).



L'adaptation est définie comme "la capacité de la plante à croître et donner des rendements satisfaisants dans les zones sujettes à des déficits hydriques périodiques"(Turner , 1979 in Saidat et Hiloul, 2008) .

8.1.2. Les effets d'un déficit hydrique sur la plante:

Une diminution de la teneur en eau de la cellule cause une déshydratation cellulaire qui devient irréversible au delà d'un certain niveau de dessiccation. La déshydratation réversible ne provoque qu'une diminution de la croissance cellulaire (Levit, 1972 in Saidat et Hiloul, 2008).

La sécheresse provoque un ralentissement de la croissance des différents organes selon l'état où elle a lieu et sa place dans le cycle végétatif (Olufayo, 1994 in Saidat et Hiloul, 2008).

Le symptôme remarquable est le raccourcissement de la hauteur des tiges, un déficit de début de montaison affecte l'allongement des premières entre-noeud en plus de la hauteur de la tige et la longueur du col de l'épi. On observe aussi des peuplements épis anormalement faibles (Gate, 1995).

L'organe qui extériorise en premier l'effet du déficit hydrique est le limbe de la feuille, ceci se traduit par un changement de forme et/ou d'orientation de la feuille (sarda et al, 1992 in Saidat et Hiloul, 2008).

Le stress hydrique diminue l'activité des cytokinines qui provoquent l'ouverture des stomates, et augmentent celle de l'acide abscissique qui provoque leur fermeture, ce qui cause la réduction de la transpiration (Turner, 1986 in Saidat et Hiloul, 2008).

8.2. La salinité:

La salinité et la sodicité, des sols sont identifiées à partir de la composition ionique de la solution du sol, les sols salés ou sols sodiques, possèdent en effet une phase liquide très riche en sels dissous qui leur confère des propriétés souvent défavorable, en particulier à égard des plantes (Raoul, 2003 in Boudrai et Ben mabrouk, 2007).

Le terme de la salinité de réfère à la concentration totale des ions non organique principaux tels que (Na, Cl, Mg, K, SO₄,HCO₃...) dissoute dans l'eau d'irrigation de drainage et souterraine (Handicap, 2001 in Boudrai et Ben mabrouk, 2007).

8.2.2. Les effets de la salinité sur le blé dur:

Chez le blé la croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire (Hamza, 1977 in Boudrai et Ben mabrouk, 2007).

Les effets de la salinité se manifestent par :



-l'arrêt de la croissance.

-le dépérissement des tissus sous forme de nécroses marginales suivies d'une perte de turgescence, de la chute des feuilles et finalement par la mort de la plante (Zid, 1974 in Boudrai et Ben mabrouk, 2007).

Le stress salin provoque une diminution du nombre des feuilles que de surface foliaire donc réduction de la surface d'interception de l'énergie et une sénescence des feuilles (Mansour, 1996 in Boudrai et Ben mabrouk, 2007).

Le stress salin conduit à une modification du nombre et de taille des stomates, qui constituent les voies d'échange de gaz et de vapeur d'eau entre la plante et l'atmosphère, donc il y a la fermeture des stomates (Guerrier, 1986 in Boudrai et Ben mabrouk, 2007).

8.3. Influence de la température:

Chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà elle s'annule (Hopkins, 2003)

8.3.1. Les effets de la température sur la vitesse de croissance:

L'effet au gel est une caractéristique variétale (Vilain, 1987). La sensibilité du blé au froid varie selon son stade de développement (Couvreur, 1988).

La résistance au froid est minimale entre la levée et le prêtallage.

Elle est maximale au stade 4-5 feuilles (pendant le tallage), période de croissance ralentie. Pendant la montaison, l'épi peut être détruit dans la gaine. Plus tard, pendant la fécondation il peut y avoir coulure (Soltner, 1998).

Le gel au stade épi 1 cm, au stade 1 nœud, peut provoquer la disparition du maître brin. On peut également trouver des effets moindres du froid se manifestant par le gel d'une partie des épis. Les épillets ainsi touchés ne se développent pas et ne forment pas des fleurs; ils restent stériles. Ce type de dégâts visibles seulement à partir de l'épiaison se caractérise par des extrémités d'épis fluettes et blanchâtres (Couvreur, 1988).

La croissance est la résultante de nombreuses réactions biochimiques sensibles à la température; la vitesse de croissance est elle aussi influencée par la température (Vilain, 1987).

La vitesse de croissance est assez faible aux basses températures. Elle augmente ensuite, dans la gamme des températures moyennes sensiblement proportionnelle . Elle atteint une valeur maximale et régresse ensuite.(Vilain, 1987)



1. Méthodes d'amélioration du blé:

1.1. Méthodes de création de la nouvelle variabilité:

1.1.1. L'hybridation:

1.1.1.1. L'hybridation interspécifique:

L'amélioration des plantes cultivées par hybridations interspécifiques reste un problème difficile, surtout lorsqu'il s'agit de croisements entre espèces génétiquement éloignées (Cauderon, 1978 in Chaker et Djenadi, 1995).

Les difficultés de croisements résident dans les biologies florales complexes, la compétition pollinique, l'incompatibilité, la non fécondation, etc. ... (Demarly, 1977).

Aussi l'absence ou la faible fréquence d'appariement entre les chromosomes conduit le plus souvent à des formes stériles à la première génération (Cauderon, 1978 in Chaker et Djenadi, 1995).

Cependant les genres *Aegilops*, *Agropyron*, *Sécale*, et *Haynaldia*, tous issus de la sous tribu des triticinae dont fait partie le genre *Triticum*, constituent une source de gènes d'un intérêt agronomique certain (résistance aux maladies, au froid, à la sécheresse ...). Ceci nous permet d'envisager d'ambitieux programmes d'amélioration par hybridation interspécifique. De nombreuses expérimentations furent d'ailleurs réalisées mais en raison du faible taux d'appariement des chromosomes lors de la méiose, seuls quelques chercheurs ont pu isoler des formes valables : Blé Zorba (issue de croisement blé-seigle), résistant à la rouille et oïdium, blé Agrus (issue du croisement blé-agropyron), résistant à la rouille noire.

Le cas le plus classique des croisements interspécifiques est celui du blé dur *blé tendre (F1:2n =35), exploité systématiquement dès les années 1920, pour introduire notamment des gènes de résistances à la rouille noire sur blé tendre et blé dur (Cauderon, 1978 in Chaker et Djenadi, 1995).

1.1.1.2 L'hybridation intervariétale:

1.1.1.2.1. Définition:

L'hybridation intervariétale est une opération qui consiste à croiser artificiellement deux variétés, de façon à obtenir une nouvelle variété qui présente les qualités choisies chez les deux parents (Flandrin, 1949 in Chaker et Djenadi, 1995).

Pour entreprendre une amélioration basée sur le croisement de deux variétés entre elles, il est nécessaire de tenir compte de 2 règles dans le choix des géniteurs :



-Posséder des lignées pures, absolument stable, dont les caractères morphologiques et physiologiques ainsi que les exigences culturales sont connues avec précision.

-Autant que possible choisir au moins un des géniteurs parmi les races locales anciennement adaptés aux conditions du milieu (Boeuf ,1927 in Chaker et Djenadi, 1995).

1.1.1.3. Les modes d'hybridation:

Aujourd'hui, nous disposons de 3 voies pour créer des hybrides chez les céréales à pailles :

- La castration manuelle:

La pollinisation est également manuelle. Elle a été utilisée au début des recherches chez le blé pour produire des petites quantités de semences hybrides (Bonjean et Picard, 1990).

- La voie génétique:

Pour le blé, la voie génétique utilise la stérilité male provoquée soit par des gènes nucléaires, soit par des cytoplasmes (Bonjean et Picard, 1990).

Les stérilités mâle se traduisent par l'absence d'anthère, ou la stérilité du pollen, rendant inutile l'opération de castration (Ferriere, 1981 in Chaker et Djenadi, 1995).

Si nous voulons obtenir un hybride fertile, il faudra des gènes de restauration de la fertilité apporter par le mâle dans la combinaison (Bonjean et Picard, 1990).

- La voie chimique:

La voie chimique utilise les effets de certains régulateurs de croissance. Quand ils sont appliquées aux céréales à un stade donné de son cycle, ils génèrent une stérilité mâle sans perturbation grave de la fertilité femelle (Bonjean et Picard, 1990).

1.1.2. La mutagenèse:

L'action d'agents mutagènes tels que le cobalt 60 ou le MSE, a été particulièrement bien étudiée chez l'orge et le riz. La majorité des mutations induites sont monogénique et récessives. Ces deux céréales ont un génome diploïde strict ; les mutations ne sont pas masquées par les interactions entre chromosomes homéologues et les succès variétaux issus de tels travaux sont conséquents, contrairement aux espèces polyploïdes (Bonjean et Picard, 1990).

Chez le blé dur, des mutations récessives d'intérêt agronomique telles que les mutants morphologiques induits sur les cultivars "capelli", "aziziah" et "capeiti" ainsi que des modifications dans la précocité et le domaine des résistances aux *Puccinia graminis*, *p. recondita* et *Tilletia carries*, ont été obtenues. Une seule mutation "courte paille" obtenue en



1958 sur le cultivar "capilli" est signalée comme étant dominante (Scarascia-Mugnozza et *al.*, 1993 in Chaker et Djenadi, 1995).

1.1.3. Les transformations génétiques chez les céréales:

1.1.3.1 Les systèmes de transformation par vecteurs:

Des gènes étrangers sont couramment et plus efficacement transférés aux plantes par des systèmes naturels de vecteurs du plasmide Ti des espèces *Agrobacterium*. Des séquences d'ADN et des gènes étrangers sont normalement intégrés dans le génome nucléaire, transférés et transmis à la descendance de façon mendélienne. Seules quelques rares espèces de monocotylédones ont favorablement répondu à cette voie ; aucune céréales n'a été ainsi transformée (Lorz, 1987 in Mekhlof, 1998).

L'utilisation de virus comme vecteurs de transfert de gènes semble plus promettant. Le virus de la mosaïque du chou-fleur (CaMV), très utilisé pour multiplier et exprimer des gènes étrangers chez plusieurs dicotylédones ainsi que d'autres virus à ADN tels que celui du nanisme chez le blé (WDV) ou le virus des stries du maïs (MSV) et tous les autres virus des graminées sont en cours d'étude quant à leurs potentialités en génie-génétique. De plus, des recherches sont développées dans le but d'un transfert direct des gènes (Vasil, 1994 in Mekhlof, 1998).

1.1.3.2. Transfert direct d'ADN dans les protoplastes:

L'incubation de protoplastes fraîchement isolés avec de l'ADN nu en présence d'un traitement au polyéthylène glycol ou d'un choc osmotique par électroporation ou par micro-injection, peut stimuler ce processus. La plupart des résultats obtenus jusqu'à présent concernent surtout les dicotylédones. Chez le blé, le maïs et le riz, des transformations par des plasmides ADN contenant des gènes chimériques codant pour une résistance à la karamycine ont été obtenues (Lörz, 1987 in Mekhlof, 1998). La régénération demeure une limitation majeure.

1.1.3.3. Transfert direct de gènes:

L'utilisation du canon à particules ou la technique biolistique est une nouvelle méthode de transfert direct d'ADN de gènes chez les espèces récalcitrantes aux autres techniques. Dans le cas précis du blé, celle-ci permet de délivrer de l'ADN dans des amas cellulaires (agrégats cellulaires, embryons zygotiques ou somatiques) et de contourner la difficulté à régénérer une plante fertile au départ d'une cellule unique (Vasil, 1994 ; Delporte et Jacquemin, 1994 in Mekhlof, 1998). La transformation du pollen ou encore des inflorescences en développement est une autre alternative au problème de la régénération. Ce processus décrit chez le maïs et le



seigle paraît attractif puisque les modifications sont portées par des cellules germinales qui peuvent générer des graines (Lorz, 1987 in Mekhlof, 1998). L'association d'un gène marqueur peut accroître l'efficacité de cette méthode (Vasil, et al., 1994 in Mekhlof, 1998).

1.2. Méthodes de sélection:

1.2.1. Définition:

Le terme sélection signifie choix (Boeuf, 1927 in Chaker et Djenadi, 1995) ; le choix s'exerçant sur une certaine quantité d'individus, selon le point de vue dans lequel on se place pour apprécier les performances de la plante (Flandrin, 1949 in Chaker et Djenadi, 1995).

1.2.2. Choix du programme de sélection après hybridations:

Un programme de sélection débute par une recherche de géniteurs susceptibles d'apporter les caractères correspondants aux objectifs. Il se fera par la suite des hybridations ou croisements de départ entre géniteurs de l'espèce permettent l'introduction de la variabilité génétique, également appelée phase d'élargissement de la variabilité (Bonjean et Picard, 1990).

1.2.3. Les types de sélection:

1.2.3.1. Sélection massale:

Dans cette méthode les semences sont choisies en mélange. Aucun croisement n'est réalisé, et aucune descendance n'est suivie individuellement. C'est une sélection dans une variabilité existante, les cycles de sélection peuvent être répétés et donner pendant un certain nombre de générations un gain appréciable (Demarly, 1977).

1.2.3.2. La sélection généalogique:

Selon (Gallais 1990), la sélection généalogique chez une plante autogame est une sélection pendant la phase d'autofécondation du produit de deux lignées parentales pour aboutir à de nouvelles lignées apportant un progrès.

Cette méthode est basée sur un choix en F2 d'un certain nombre de plantes ou d'épis dont les graines constitueraient en F3 une lignée (Grignac, 1978).

Les F4 et les générations suivantes seront formées de plusieurs épis-lignes constituant une famille. Dès que les lignées ou les familles apparaissent homogènes, leur produit est semé en microparcelles d'essai sur lesquelles on peut estimer les rendements, ses composantes, ainsi que de nombreux paramètres morphologiques.

Efficace pour les caractères peu influencés par le milieu, cette méthode nous permet de disposer à partir de la F5 de quantités de grains issues de lignées homogènes en assez grande



quantité, pour effectuer des essais avec répétitions en plusieurs milieux (Monneveux, 1988; Grignac, 1978).

Le principal inconvénient de cette sélection est la perte de variabilité et une sélection trop tardive pour le rendement (Gallais, 1990 in Chaker et Djenadi, 1995).

1.2.3.3. Sélections généalogiques différées:

- Sélection en bulk:

C'est une sélection après une phase d'autofécondation sans sélection. Le passage d'une génération à l'autre est réalisé par récolte en mélange (bulk) de l'ensemble des grains d'une génération et prélèvement aléatoire des grains pour constituer la génération suivante.

Ce processus se poursuit jusqu'en F5 ou F6. La sortie se fait alors par sélection généalogique (Gallais, 1990).

- La SSD (single seed descent):

Egalement appelée sélection par filiation unipare, c'est une méthode qui consiste en un prélèvement d'une graine de chacune des plantes, et ce, d'une génération à l'autre. Comme la méthode bulk, cette technique s'arrête plus ou moins tôt, et est suivie d'une sélection généalogique (Gallais, 1990).

- Rétrocroisement ou back cross:

C'est une forme d'hybridation récurrente, durant laquelle une caractéristique désirable est transférée à une variété adaptée et productive.

L'hybride F1 est recroisé avec le parent récurrent. C'est le back cross 1. Le produit de ce croisement servira de partenaire pour le back cross 2 (Gallais, 1990).

- L'haplodiploidisation:

Cette méthode consiste en une création de lignées pures, utilisant des haploïdes doublées obtenus par diverses techniques (Caudron, 1978 in Chaker et Djenadi, 1995).

L'haplodiploidisation est alors l'équivalent d'un système de reproduction en consanguinité qui permet à partir d'un génotype hétérozygote d'obtenir directement des lignées homozygotes dérivable de ce génotype. C'est une méthode qui donne donc accès directement à la valeur en lignées d'un croisement (Gallais, 1990), et permet le respect de l'intégrité interlinkats (Monneveux, 1990 in Chaker et Djenadi, 1995).



1. L'efficacité d'utilisation de l'eau:

Généralement l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) exprime le rapport de la matière sèche totale produite à l'évapotranspiration pendant une période donnée (Richards and *al.*, 2002 in Nadjim, 2006), si cette période est spécifique au cycle cultural, on parle d'efficacité d'utilisation nette (EUE nette) ; si elle s'étale durant toute l'année, on parle d'efficacité d'utilisation brute (EUE brute) (Bos, 1985 in Nadjim, 2006).

Lorsque la production considérée n'est pas la biomasse totale, mais une partie de celle-ci, telles que les grains ou les fruits, on parle alors d'efficacité d'utilisation de l'eau pour le rendement. D'un point de vue économique, l'efficacité de l'eau est définie comme le rapport du rendement économique à la quantité d'eau utilisée (Gardner and *al.*, 1985 in Nadjim, 2006).

1.1. L'efficacité d'utilisation de l'eau instantanée et intrinsèque (EUE _{instantanée}, EUE _{intrinsèque}):

Au niveau des membres de la photosynthèses (par exemple la feuille) l'efficacité d'utilisation de l'eau est définie comme étant le ratio entre la quantité nette de CO₂ (A : le taux nette de la photosynthèse), et la quantité de la transpiration pendant la même période temporelle (T : le taux de la transpiration), elle est appelé dans ce cas, l'efficacité d'utilisation de l'eau instantanée ou immédiate (EUE _{instantanée}) (Polley, 2002), l'efficacité d'utilisation de l'eau instantanée est exprimée par la relation suivante :

$$EUE_{\text{instantanée}} = A/T$$

Il y a d'autre type de l'efficacité d'utilisation de l'eau qui est exprimé par le ratio entre la quantité nette de CO₂ représenté pendant le processus de la photosynthèse (A) , et les échanges stomatiques (G : conductance stomatique) (Polley, 2002). Ce type de l'efficacité d'utilisation de l'eau est appelé l'efficacité d'utilisation de l'eau réelle ou intrinsèque qui est exprimée par la relation suivante :

$$EUE_{\text{intrinsèque}} = A/G$$



1.2. Efficacité d'utilisation de l'eau comme critère de sélection:

L'efficacité d'utilisation de l'eau, comme objective de sélection, peut être définie dans différents domaines qui dépendent de l'échelle et de l'unité de mesure considérée. Toutes les définitions potentielles ont en commun : un échange d'eau contre une unité de production.

Pour les fermiers et les agronomes, l'efficacité d'utilisation de l'eau correspond au rapport de la matière sèche produite à l'évapotranspiration de la culture (EUE), exprimée par la relation suivante :

$$EUE = W / [1 + (Es/T)] \quad (1)$$

Où W est l'efficacité de la transpiration (matière sèche/transpiration), Es est l'eau perdue par évaporation de la surface du sol et T est l'eau perdue par transpiration du végétal (Richards, 1991 in Nadjim, 2006).

La relation (1) montre que l'efficacité d'utilisation de l'eau peut être améliorée soit par, l'augmentation de l'efficacité de la transpiration, soit par une réduction de l'évaporation du sol. L'importance relative de chacune des composantes de EUE varie selon la distribution des pluies. Si les pluies sont rares pendant la saison de croissance, et que la culture utilise uniquement l'eau stockée dans le sol, alors l'augmentation de l'efficacité de la transpiration (W) offre une belle opportunité pour l'amélioration de EUE. En revanche, si l'alimentation en eau de la culture repose uniquement sur les pluies, alors la réduction de l'évaporation du sol (Es) fournit un autre moyen pour l'amélioration de EUE (Richards, et al., 2002 in Nadjim, 2006).

Pour les physiologistes, l'unité de base de la production est le gain d'une mole de carbone dans la photosynthèse (A) par rapport à l'eau transpirée (T). Donc, cette définition correspond à l'EUE instantanée à l'échelle des échanges gazeux de la feuille (A/T). Ces deux définitions peuvent être reliées par l'équation (2) :

$$\text{Rendement} = ET * T/ET * W * HI \quad (2)$$

Dans cette relation, le rendement est défini comme étant une fonction du produit de; l'eau utilisée par la culture (évapotranspiration ET), la proportion de la transpiration actuelle de la culture (T/ET), l'efficacité de la transpiration pour la production de biomasse (W) et qui correspond à la quantité de biomasse produite par millimètre d'eau transpirée et enfin le ratio entre le rendement en grain et la biomasse aérienne (HI) (Condon, et al., 2004 in Nadjim, 2006).



Dans la relation (2), aucune des composantes n'est vraiment indépendante l'une des autres (Condon et Richards, 1993 in Nadjim, 2006), mais chacune d'elles peut faire l'objet d'amélioration génétique.

L'efficacité d'utilisation de l'eau à l'échelle foliaire, A/T , est directement et uniquement liée à l'une de ces composantes, W , qui est l'efficacité de la transpiration pour la production de biomasse. Potentiellement donc, A/T peut influencer l'une des trois autres composantes (Condon, et al., 2004 in Nadjim, 2006).

1.3. Sélection pour l'efficacité d'utilisation de l'eau à l'échelle de la feuille:

La recherche pour l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau agronomique par la sélection pour une grande efficacité d'utilisation de l'eau à l'échelle de la feuille a été longtemps attractive (Fischer, 1981 in Nadjim, 2006).

A/T peut être décrite mathématiquement en notant en premier que, A est le produit de la conductance stomatique pour le CO_2 (G_c) et le gradient de la concentration du CO_2 entre l'extérieur (C_a) et l'intérieur (C_i) de la feuille (équation 3):

$$A = G_c (C_a - C_i) \quad (3)$$

Deuxièmement, T est le produit de la conductance stomatique de la vapeur d'eau (G_w) et le gradient de la concentration de la vapeur d'eau, à l'intérieur (W_i) et l'extérieur (W_a) de la feuille (équation 4)

$$T = G_w (W_i - W_a) \quad (4)$$

Puisque la concentration du CO_2 est plus grande à l'extérieur de la feuille, alors que celle de l'eau est plus grande à l'intérieur, le ratio A/T devient donc équation (5):

$$A/T = [G_c (C_a - C_i)] / [G_w (W_i - W_a)] \quad (5)$$

L'équation 4 peut être simplifiée par l'équation 6, sachant que le ratio entre la diffusion du CO_2 et de l'eau dans l'air est égal à 0,6 :

$$A/T \approx 0,6 C_a (1 - C_i/C_a) / (W_i - W_a) \quad (6)$$



L'équation (6) indique deux voies possible pour l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau à l'échelle de la feuille : soit, par l'abaissement du rapport C_i/C_a et donc l'augmentation de la valeur de $(1-C_i/C_a)$. Soit, de rendre la valeur de (W_i-W_a) plus petite, par diminution des pertes en eau en abaissant le gradient de la transpiration.

1.3.1. Diminution du gradient de la concentration en vapeur d'eau:

Le moyen le plus simple par lequel la sélection a amélioré l'efficacité de la transpiration pour la production de biomasse via A/T , a été la modification des caractéristiques des cultures, comme la réduction du gradient d'évaporation durant le cycle de croissance de la culture (Tanner, et al., 2002 in Nadjim, 2006). Ainsi, le processus de réflectance au niveau des feuilles diminue la perte en eau, de la culture provenant du gradient de la concentration de la vapeur d'eau entre le couvert végétal et l'atmosphère. Ce gradient est faible dans les régions froides, humides et dans la plupart des régions durant les mois les plus froids de l'année.

Durant le dernier siècle, les sélectionneurs de nombreuses espèces cultivées, ont exploité la variation génétique associée à la précocité, la réponse à la photopériode et au besoin en vernalisation, pour générer d'énormes variations dans la phénologie des cultures. Cette variation phénologique a permis aux cultures de croître successivement dans des régions et à des moments de l'année où la demande évaporative prévalente est faible, ce qui engendre une élévation d' A/T et une augmentation des rendements des cultures.

Pour saisir cette opportunité, tous les efforts doivent être axés pour une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau des cultures. L'ajustement de la date de semis pourrait améliorer le ratio A/T et donc le rendement des cultures (Condon, et al., 2004 in Nadjim, 2006).

1.3.2. Changement du rapport C_i/C_a :

Par référence à l'équation (6), une autre voie est offerte à la sélection pour l'amélioration de A/T et de ce fait à l'amélioration de l'efficacité de la transpiration pour la production de biomasse. Il s'agit d'élever le numérateur du rapport $(1-C_i/C_a)$ pour sélectionner des génotypes qui ont une faible valeur de C_i/C_a . La faible valeur de C_i/C_a peut refléter une valeur faible de la conductance, une grande capacité photosynthétique ou la combinaison des deux (Farquhar et al., 1989 in Nadjim, 2006).

Théoriquement, la réduction de C_i/C_a de 0,7 à 0,6 aboutit à un gain de 33% d'efficacité d'utilisation de l'eau, sachant que cette dernière est proportionnelle à la valeur $(1-C_i/C_a)$.

Cependant, des dysfonctionnements peuvent avoir lieu. Par exemple, si la baisse de la valeur de C_i/C_a est due à une augmentation de la capacité photosynthétique, ceci conduit à une augmentation de l'assimilation du CO_2 pour chaque unité de mesure, et si la baisse de (C_i/C_a) est



due à une faible conductance stomatique, alors elle conduit à une diminution de l'assimilation du CO_2 .

Outre la diminution de l'assimilation du CO_2 , une autre pénalité accompagne la conductance stomatique dans le cas où la conductance de la couche externe de la feuille n'est pas très élevée. Dans ce cas, la température foliaire et la concentration en vapeur d'eau à l'intérieur de la feuille (W_i) augmentent et en parallèle la concentration en vapeur d'eau à l'extérieur de la feuille et la conductance baissent. Les modifications de W_i et W_a aboutissent à l'augmentation de la transpiration par unité de conductance stomatique, et par conséquent à l'augmentation de l'efficacité d'utilisation de l'eau comme prédite par l'équation (6) (Condon, et al., 2004 in Nadjim, 2006).

2. Relation entre $\Delta^{13}\text{C}$ et l'efficacité d'utilisation de l'eau:

Le fait de d'admettre que $\Delta^{13}\text{C}$ pourrait fournir une mesure relativement simple et indirecte de la variation dans A/T (Farquhar, et al., 1982 in Nadjim, 2006) a relancé la perspective de l'exploitation de la variation de l'efficacité d'utilisation de l'eau à l'échelle foliaire, pour améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau.

Entre temps, il a été déjà considéré qu'il existe une légère variation de C_i/C_a parmi les espèces de type C_3 , et qu'elle est l'unique différence substantielle entre les espèces de type C_3 et C_4 (Fischer, 1981; Tanner and Sinclair, 1983 in Nadjim, 2006). Depuis les travaux novateurs de Farquhar et ses collègues (Farquhar and al., 1982; Farquhar et Richards, 1984 in Nadjim, 2006), il a été démontré par la suite pour plusieurs espèces C_3 que la variation en $\Delta^{13}\text{C}$ reflète étroitement la variation dans le ratio C_i/C_a .

Dans d'autres études, (Brugnolli et Farquhar, 2000 in Nadjim, 2006), ou la valeur $\Delta^{13}\text{C}$ a été mesurée *in situ*, à partir du courant d'air à l'entrée et à la sortie de la feuille. Aussi, $\Delta^{13}\text{C}$ a été mesurée à partir des photosynthétats extraits fraîchement des feuilles ou mesurée dans la matière sèche des tissus.

La variation de $\Delta^{13}\text{C}$ entre les génotypes des espèces de type C_3 est assez importante. Théoriquement, cette variation est substantielle pour A/T et pour l'efficacité d'utilisation de l'eau ainsi que pour le potentiel de production de la matière sèche (Farquhar, 1984 in Nadjim, 2006).

Des corrélations négatives entre $\Delta^{13}\text{C}$ et l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes ont été enregistrées chez plusieurs espèces (Farquhar, et al., 1989 in Nadjim, 2006). Depuis, $\Delta^{13}\text{C}$ est considérée comme un caractère à forte héritabilité qui est relativement facile à manipuler dans la sélection des populations (Condon, et al., 2004 in Nadjim, 2006).



3. Efficacité d'utilisation de l'eau en relation avec le stress hydrique:

Le stress hydrique est l'un des principaux facteurs de l'environnement qui affectent l'EUE. Toute réduction dans le potentiel hydrique du sol engendre une réduction du potentiel de turgescence foliaire et une réduction dans la conductance stomatique (Kanemasu, et Tanner, 1969 in Rouabhi, 2007) ce qui fait augmenter l'EUEi (Nobel 1991 in Rouabhi, 2007).

Lorsque le potentiel hydrique du sol diminue, les plantes réagissent pour conserver l'eau et les stomates sont partiellement ou complètement fermés selon l'intensité du stress. Ce qui fait que, l'EUE est liée au mouvement stomatique.

La diminution de l'humidité du sol réduit la conductance stomatique, la photosynthèse et le taux de transpiration (Nobel, 1991; Payne *et al.*, 1992 in Rouabhi, 2007).

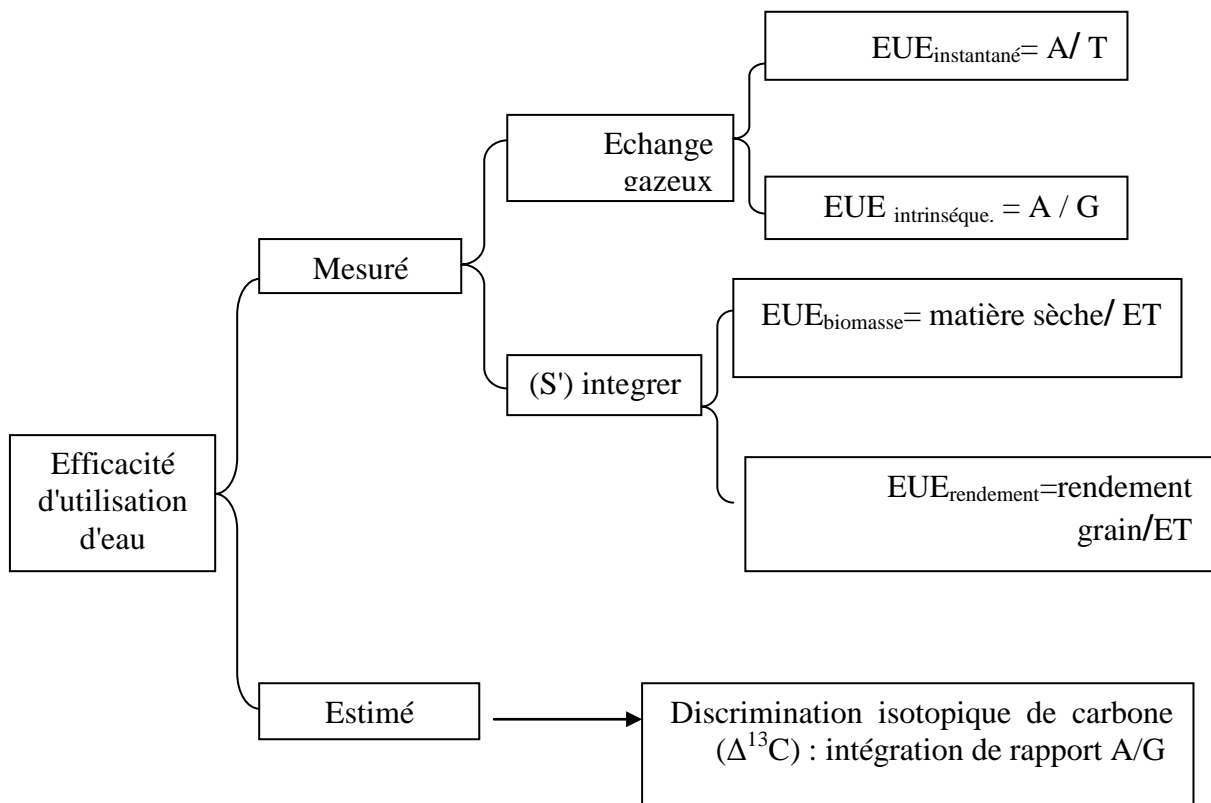
Cependant, la réduction de la biomasse due au stress hydrique est moins importante comparativement aux pertes d'eau qui font augmenter l'EUE (Nobel, 1991; Ismail et Hall, 1992 in Rouabhi, 2007). Le stress hydrique augmente l'EUE pour une large gamme d'espèce (Hall *et al.*, 1990 in Rouabhi, 2007).

4. Efficacité d'utilisation de l'eau en relation avec la concentration du CO₂:

La production agricole est considérablement influencée actuellement par les changements climatiques. La réponse la plus remarquable est le réchauffement global et l'augmentation de la concentration du CO₂ ainsi que le développement des cultures en zones aride et semi-aride (Reuveni et Gale, 1985 in Rouabhi, 2007).

L'augmentation de l'activité de la photosynthèse, L'EUE (Valle *et al.*, 1985 in Rouabhi, 2007), l'amélioration de la production de la matière sèche (Kimbal, 1983 in Rouabhi, 2007), la réduction de la transpiration (T) et de la conductance stomatique.

(Farquhar et Sharkey, 1982 in Rouabhi, 2007) ont été rapportées à cause d'une augmentation de concentration de CO₂.



A : Le taux photosynthétique nette ; T : Le taux de transpiration ;

G : Conductance stomatique ; ET : Evapotranspiration

Figure (3) : Plan représenté les différentes notions de l'efficacité d'utilisation de l'eau (Tambussi et al., 2007).



Conclusion:

Cette étude porte sur l'identification des caractères généraux du blé dur (*Triticum durum*, Desf). Et aussi sur l'étude de la plupart des travaux effectués sur le blé dur dans le cadre de l'amélioration génétique, ils ont appliquée plusieurs techniques et méthodes pour l'amélioration de rendement du blé et aussi pour la création de nouvelles variétés.

Ce travail repose aussi sur l'étude d'efficacité d'utilisation de l'eau. L'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) reste parmi les stratégies les plus appropriées pour faire face aux intermittences de sécheresse en condition de culture pluviale. Divers travaux ont montré que la sélection sur la base de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) a conduit à une amélioration du rendement.

L'amélioration de l'efficience de l'utilisation de l'eau du sol, accroître la productivité de la biomasse par unité d'eau utilisée et améliorer la conversion de la biomasse végétative en rendement économique sont les objectifs recherchés. La répartition aléatoire des précipitations sont les principales entraves des rendements en culture pluviale en zone semi aride.

Donc en conclusion, l'étude a montré que l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) est exprime généralement le ratio entre la production de la matière sèche totale et l'évapotranspiration. et il existe une relation entre l'efficacité d'utilisation de l'eau et le rendement en grain chez le blé.

Bibliographie:

1. Abeledo L.G., Savin R., Gustavo A., & Slafer. (2008) : Wheat productivity in the Mediterranean Ebro Valley: Analyzing the gap between attainable and potential yield with a simulation model. *Europ. J. Agronomy*. P : 541.
2. Amraoui K . (2005) : Etude du potentiel de production de quelques variétés de blé. Thèse d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. INRA-El-Harrach. P : 4.
3. Anonyme. (2006) : Les marchés mondiaux du blé. *USDA*. http://www.agpb.com/fr/dossier/eco/marchesmondiaux_2006.pdf.
4. Anonyme. (2002) : Conseil international des céréales. International Grains Council. *World Grains Statistics*. P : 13.
5. Bajji M. (1999) : Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variantes somaclonales sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
6. Bonjeun A., Picard E. (1990) : les céréales à pailles. Origine, histoire, économie, sélection. P : 205.
7. Boudour L. (2006) : Étude des ressources phyto-génétiques du blé dur (*Triticum durum Desf.*) algérien : analyse de la diversité génétique et des critères d'adaptation au milieu. Thèse Doctorat d'Etat. Université de Mentouri Constantine. P : 142.
8. Boudrai N., Ben mabrouk H. (2007) : Effet de la salinité sur la croissance des feuilles du blé dur (*Triticum durum Desf.*). mémoire de DES en biologie. M'sila. PP : 6-9.
9. Bourahla S., Hadji A. (2009) : L'effet de stress hydrique sur la teneur de chlorophylle de blé dur (*Triticum durum Desf.*). mémoire de DES en biologie. M'sila. PP : 4-5.
10. Chaker M., Djenadi C. (1995) : caractéristique d'hybrides F1 de blé dur (*Triticum durum Desf.*) et de leurs parents. Thèse d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. INRA-El-Harrach. PP : 10-15.
11. Cherfia R., (2010) : Etude de la variabilité morpho-physiologique et moléculaire d'une collection de blé dur algérien (*Triticum durum Desf.*). Thèse de magistère. Université Mentouri, constantine. P : 3.
12. Couvreur F. (1988) : Quand le blé grelotte. Cultivar. N°240. P : 35.
13. Demarly Y. (1977) : Génétique et amélioration des plantes. Ed.Masson. p : 273.
14. doumandji A., Doumandji S., Doumandji-Mitiche B. (2003) : Cours de technologie des céréales, office des publications universitaires. P : 4.

15. FAO. (2007) : Perspective alimentaires. Analyse des marches mondiales.
<http://www.fao.org/010/ah864f/ah864f00.htm>.
16. feuillet P. (2000) : le grain de blé (composition et utilisation). INRA. Paris. PP : 5-6.
17. Gallais A. (1990) : Théories de la sélection en amélioration des plantes. Ed. Masson.
P: 588.
18. Gate P. (1995) : Ecophysiologie du blé. Ed. ITCF. Technique et Documentation.
Lavoisier, Paris. P : 419.
19. Ghanem L. (1995) : Caractérisation phénologique et morphologique de 20 variétés de blé dur. (*Triticum durum Desf*). Thèse d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. INRA-El-Harach. PP : 6-7.
20. Grignac P. (1978) : Le blé dur : morphologie succincte. INRA-El-Harrach, Vol N°2.
21. Hopkins. (2003) : Physiologie végétale. 2^{ème} édition par Serge Rambour. P : 459.
22. Mekhlof A. (1998) : Etude de la transmission Hériditaire des caractères associés au rendement en grain, et de leur efficacité en sélection chez le blé dur (*Triticum durum, Desf*). PP : 17-18.
23. Mouellef A. (2010) : Caractères physiologiques et biochimiques de tolérance du blé dur (*Triticum durum Desf.*) au stress hydrique. Thèse de magistère. Constantine. PP : 4-5.
24. Nadjim S. (2007) : utilisation de la discrimination isotopique du carbone comme un critère de sélection du blé dur en relation avec le bilan hydrique. Thèse de magistère en sciences Agronomique Sétif. PP : 34-38.
25. Polley W.H. (2002) : implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. Crop science. PP : 131-140.
26. Rouabhi A. (2007) : Efficacité d'utilisation de l'eau et sélection de variétés de blé dur sous les conditions du climat semi aride. Thèse de magistère en sciences Agronomique Sétif. PP : 18-19.
27. Saidat S., Hiloul M. (2008) : comportement de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*) dans la région de Sétif. Thèse d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. INRA-El-Harrach. PP : 17-18.
28. Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M., Zid E.D. (2005) : Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (INRAT). Univ. Elmanar. Tunisie.

(http://www.john-libbeyeuotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md).

29. Soltner D. (1998) : les grandes productions végétales. Sciences et Techniques Agricoles. Paris. P : 464.
30. Tambussi E.A., Bort J et Araus J.I. (2007) : water use efficiency in C3 cereales under mediterranean conditions : a review of physiological aspects, Ann Appl Biol 150. PP : 307-321.
31. Vilain M. (1987) : La production végétale. Vol 1. Les composantes de la production. ED. Baillièrre. France. P : 416.

Résumé :

Titre de thème: l'évaluation de l'efficacité d'utilisation de l'eau comme un critère de sélection chez le blé dur (*Triticum durum, desf*).

Le blé dur est une espèce possède une grande importance alimentaire, économique et écologique pour tous le monde.

L'amélioration génétique de blé regroupe l'ensemble des procédés biologiques qui permettent d'améliorer les caractères de blé, ces procédés possèdent une plus grande efficacité pour introduire une nouvelle diversité génétique.

L'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) est Généralement exprime le rapport de la matière sèche totale produite à l'évapotranspiration pendant une période donnée, et il existe des relations de EUE avec $\Delta^{13}C$, le stress hydrique et concentration du CO₂.

Mots clés: Blé dur, efficacité d'utilisation de l'eau(EUE), amélioration génétique, (*Triticum durum, desf*).

ملخص:

عنوان الموضوع : تقييم فعالية استغلال الماء كمعيار اختيار عند القمح الصلب.
القمح الصلب هو نوع يملك أهمية غذائية و اقتصادية و بيئية في كل العالم.
التحسين الوراثي للقمح يشمل مجموعة من الإجراءات البيولوجية و التي تسمح بتحسين صفات القمح , هذه الإجراءات تملك فعالية كبيرة لإدخال تنوع وراثي جديد.
فعالية استغلال الماء (EUE) عموما يعبر عنها بالعلاقة بين المادة الجافة الكلية الناتجة عن فعالية النتح أثناء فترة معينة، و توجد علاقات بين فعالية استغلال الماء و $\Delta^{13}C$ و بين فعالية استغلال الماء و الإجهاد المائي و أيضا بين فعالية استغلال الماء وتركيز ثاني أكسيد الكربون (CO₂).

الكلمات المفتاحية : القمح الصلب، فعالية استغلال الماء، التحسين الوراثي، (*Triticum durum, Desf*)

Desf