

République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi –  
Bordj Bou Arreridj  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
et des Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département de Biologie

جامعة محمد البشير الإبراهيمي « برج بوعريريج »  
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون  
قسم بيولوجيا



UNIVERSITE MOHAMED EL BACHIR EL IBRAHIMI  
BORDJ BOU ARRERIDJ

# MEMOIRE

EN VUE DE L'OBTENTION  
DU DIPLOME DE MASTER

**Option : Biotechnologie et protection des végétaux**

**Thème**

**Etude du comportement des lignées haploïdes  
doublées d'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous conditions  
semi-arides**

**Présenté par :**  
BENKHALFALLAH IBTISSEM.  
TOUATI MANEL.

**soutenu le : 25/06/2014**

**Devant le jury :**  
**Président :** ALIAT TOUFIK  
**Encadreur:** MAAMRI KHALIFA  
**Examineur:** LATATI MOURAD

Maître assistant (UBBA).  
Maître assistant (UBBA).  
Maître assistant (UBBA).

**2013-2014**

## *Remerciements*

En guise de reconnaissance, nous remercions DIEU qui nous a donné le courage, qui nous a guidés tout au long de nos études.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements, notre grand respect et gratitude à notre encadreur **Mr. MAAMRI Khelifa, M.A** à l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de *BORDJ BOU ARRERIDJ* d'avoir accepté de nous encadrer pour la réalisation du présent travail, ainsi que pour son aide et ses *encouragements qu'il n'a cessé de nous prodiguer, en faisant profiter largement de ses connaissances. Nous ne serons oubliés sa constante disponibilité.*

Tous nos remerciements à **Mr HANNACHI Abderrahmane**, chercheur à *l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) de Sétif* pour leur patience, leur gentillesse, leur disponibilité, leurs conseils et l'accueil qu'ils nous ont réservés au sein de l'unité de recherche de l'INRAA de Sétif.

Nous remercions le personnel de *L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE (I.N.RAA).*

Au président de jury **Mr ALIAT Toufik, M.A** à l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi qui nous a fait l'honneur de présider le jury.

Nous remercierons vivement **Mr LATATI Mourad, M.A** à l'université Mohamed El Bachir El Ibrahimi qui a *accepté d'examiner ce modeste travail.*

Nos remerciements les plus chaleureux vont également à nos familles pour leurs soutiens, ses encouragements et ses patiences.

Toutes nos gratitudes à nos collègues de promotion ainsi que les professeurs dès la première année primaire.

*Nous voudrions remercier l'ensemble des personnes, qui nous ont aidées de près ou de loin, à l'élaboration de ce modeste travail.*

***IBTISSEM ET MANEL***

## **Dédicace**

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la reine de mon cœur maman, la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, mon soutien qui m'a grandie et m'a suivie jusqu'à ce moment.*

*A l'esprit de mon Père, l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral, qui a sacré toute sa vie pour que j'atteigne ce niveau*

*Spéciale dédicace à celui que j'aime beaucoup, l'homme qui fait battre mon cœur, mon âme sœur, pour son soutien, ses conseils, son aide précieux et son encouragement.*

*A mes frères : HAMZA, WAHID ET SAMI*

*A mes sœurs : SIHEM ; SABRIN ; SOUSOU ET SA PETITE FAMILLE .*

*A les oiseaux de paradis : abdou et anes*

*A toute ma grande famille*

*A MON ONCLE ABD ELAZIZ*

*A mes cousines surtout : NAWEL , KARIMA, AHLEM , MIMI  
ET AHLEM.*

*A mon binôme MANEL pour son aide et sa patience durant la réalisation de ce travail et tout le long de nos études et à sa famille.*

*A toutes mes Chères amies : Khouloud , Wahiba , Nadjwa, Nawel,  
Samia , Sabra.*

*A toutes mes amies de ma promotion.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou du loin à la réalisation de ce modeste travail.*

***IBTISSEM***

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la reine de mon cœur maman, ma maîtresse, mon guide, mon soutien et mon livre dans la grande école dans la vie*

*A \*mon Père, au grand cœur rempli d'amour, de tendresse et de pardon.*

*A mes frères : MOSSA, ISLEM*

*A mes sœurs : HAYET, FIFI, SALIHA, IMEN, ET CHAHINEZ .*

*A mon mari spécialement pour son soutien sans faille et ses encouragements.*

*A toute ma grande famille*

*A mes tante ZOËRA et DALILA .*

*A mes cousins (es) surtout :ASMA ,HANA ,AMIR ET YACINE*

*A mon binôme IBTISSEM pour son aide et sa patience durant la réalisation de ce travail et tout le long de nos études et à sa famille.*

*A toutes mes Chères amies :HANEN, MOUNA ET RIMA.*

*A tous (tes) mes amis (es) de ma promotion.*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou du loin à la réalisation de ce modeste travail.*

*MANEL*



---

## SOMMAIRE

---

INTRODUCTION.....	1
<b>CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE</b>	
1 .GENERALITE SUR L'ORGE :	
1.1. Historique .....	3
1 .2. La production de la culture d'orge.....	5
1.3 Utilisation.....	7
2- Biologie des plantes d'orge.....	7
2-1- Classification.....	7
2-2- Description morphologique.....	9
3. Cycle biologique de développement.....	12
4. Les principales variétés d'orge cultivées en Algérie .....	14
5. Les contraintes de la production de l'orge en Algérie.....	15
6. Sélection de l'orge.....	19
6 .1 Variabilité génétique naturelle.....	20
6.1.1 La sélection massale.....	20
6 .1.2 La sélection généalogique.....	21
6.2 Variabilité génétique artificielle.....	21
6.2.1 La méthode pédigrée.....	22
6.2.2 La méthode bulk.....	23
6.2.3. La méthode de filiation mono graine (SSD).....	24
6.2.4. L'haplo-méthode.....	24
<b>CHAPITRE II : MATREILS ET METHODES</b>	
1. Site, matériel végétal et dispositif expérimental utilisés.....	27
2. Mesures et notations.....	29
2.1. <i>La teneur relative en eau</i> .....	29
2.2. <i>Le nombre d'épis/m<sup>2</sup></i> .....	29
2.3 <i>La hauteur de la végétation</i> .....	30
2 .4 <i>Le poids de 1000 grains</i> .....	30

2.5. Le nombre de grains par m <sup>2</sup> et par épi .....	30
2.6. La surface de la feuille étandard .....	30
2.7. La teneur en chlorophylle.....	31
2.8. La biomasse aérienne.....	31
2.9. L'indice de récolte.....	31
3. Analyse des données.....	31

### **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

1. Conditions climatiques .....	32
2. Etude la variabilité phénotypique.....	33
2.1. Teneur relative en eau.....	33
2.2. Le contenu en chlorophylle.....	36
2.3. La température de la canopée.....	36
2.4. Précocité d'épiaison.....	37
2.5. La surface foliaire.....	38
2.6. La hauteur de végétation.....	39
2.7. Le poids de 1000-grains (PMG).....	40
2.8. Le nombre de grains par épi (NGE).....	41
2.9. Le nombre d'épi (NE).....	41
2.10. Le rendement grains (RDT).....	42
2.11. La biomasse aérienne(BIO).....	43
2.12. Le rendement paille (PLL).....	43
2.12. L'indice de récolte (HI).....	44
3. Liaisons inter caractères.....	45
3.1. Les coefficients de corrélations.....	45
3.2. Rendement grain et précocité.....	45
3.3. Relations entre le rendement et ses composantes.....	46
3.4. Relations entre le rendement et les paramètres du feuillage...	50
CONCLUSION.....	54

---

## INTRODUCTION :

Les céréales, tel que le blé dur (*Triticum durum* Desf.), le blé tendre (*Triticum aestivum* L.), l'orge (*Hordeum vulgare* L.) ainsi que l'avoine (*Avena sativa* L.), représentent l'une des principales sources de nutrition humaine et animale. L'orge est considérée comme un aliment important pour l'homme et pour l'animal d'où ses différentes utilisations (Benbelkacem, 1991). C'est la céréale la plus répandue dans le monde du fait de sa précocité, de son potentiel de productivité et sa rusticité. Elle possède une remarquable aptitude au tallage ainsi qu'une bonne vigueur au départ lui permettant d'accumuler une quantité appréciable de matière sèche tôt dans l'année et de jouer un rôle de soudure dans le calendrier fourragé (Khaldoun, 1995).

Valoriser ces espèces, c'est améliorer leur production par unité de surface ensemencée. Cette amélioration est plus demandée au niveau des zones défavorables à la production de ces espèces, suite à la demande qui dépasse souvent de loin l'offre local, d'où le recours à des importations trop coûteuses (Hannachi *et al.*, 2013).

Les méthodes d'amélioration des plantes sont nombreuses mais l'objectif est unique à savoir l'obtention de nouvelles variétés plus productives, plus tolérantes à la sécheresse et plus résistantes aux différentes contraintes (maladies, gelée...). (Akrou et Bouchekkout, 2011). Le processus de sélection classique est très long, nécessitant plus de 12 années pour obtenir une variété fixée et apte à être considérée comme variété commerciale. Cette lenteur vient du fait de la présence de la ségrégation lors des générations F<sub>2</sub> à F<sub>7</sub>. La réduction du cycle de sélection est souhaitable pour rendre le processus plus efficace et si possible moins coûteux.

La production de plantes haploïdes à partir des haplo-méthodes, techniques de biotechnologie, offre plusieurs avantages aux améliorateurs. En effet elle est considérée comme un outil performant permettant la production de lignées homozygotes en une seule étape, alors qu'elle nécessite, au minimum, 7 à 8 cycles d'autofécondations par la méthode de sélection classique. (Akrou et Bouchekkout, 2011)



---

Parmi ces techniques, l'androgenèse par la culture d'anthere *in vitro* (GUHA, MAHESWARI, 1964 ; NITSCH, 1971) est la plus efficace chez l'orge, les plantes obtenues sont des formes totalement homozygotes.

La présente étude a pour objectif d'évaluer le comportement agronomique et d'analyser les performances de quelques lignées haploïdes doublées d'orge (*Hordeum vulgare* L.) et de sélectionner quelques-unes préliminairement adaptées aux conditions des zones semi-arides. Ces lignées sont des haploïdes doublées à partir de la culture *in vitro* d'anthers des générations F<sub>2</sub>, au cours de la campagne 2010. Les F<sub>2</sub> sont issues des croisements faits entre les lignées commerciales Tichedrett, Express et Plaisant. Ces lignées sont issues du programme d'amélioration de l'orge de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA).

## 1.GENERALITE SUR L'ORGE :

### 1.1.Historique :

L'histoire de l'évolution de l'origine de l'orge cultivée est passée par quatre périodes principales :

✚ Selon Slafer *et al.* (2002), la première période a commencé quand Carl Koch a édité, en 1848 la première description de l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*). Plus tard, en 1883 Alphonse De Candolle dans son livre « La géographie raisonnée » a étudié l'origine des plantes cultivées, y compris l'orge. Suite a ces travaux, d'autres chercheurs (Körnicker, 1885,1895 ; Rimpau, 1891,1892 ; Beaven, 1902 ; Schulz 1911,1912), ont étudié la domestication des plantes cultivées.

✚ La deuxième période a commencé au début du 20<sup>ème</sup> siècle avec les travaux de Vavilov (1926). C'est une période très fructueuse elle a provoqué la collection et la caractérisation de beaucoup d'accessions, de différentes plantes cultivées, y compris les orges et leurs ancêtres sauvages. On peut remarquer qu'en 1940, la collection du monde d'orge (Institut Vavilov) contenait près de 17.000 accessions. Vavilov, était quelque peu sceptique au sujet de considérer *l'Hordeum spontaneum* comme l'ancêtre sauvage unique des orges cultivées. Plutôt, il a considéré le type sauvage comme étant génétiquement proche des formes cultivées, ayant une origine commune, peuvent être même des ancêtres communs.

En attendant, un certain nombre de nouveaux travaux sont réalisés en plus de ceux de Vavilov, il s'agit entre autres de Arzt (1926), Becker (1927), Tschermack (1923, 1928), Larionow (1929), Schieman (1922, 1932, 1939), Äberg (1938, 1940), et d'autres.

✚ La troisième période a commencé par la découverte de Äberg de trois grains dépouillés avec un rachis fragile dans un échantillon mélangé de blé et d'avoine rassemblés par Smith (1947) au Tibet oriental. Cette

orge dépouillée a été appelée *Hordeum agriocrithon* et considérée dans ses espèces sauvages comme le parent héréditaire de l'orge cultivée.

✚ La quatrième période a commencé quand Peeters (1988) a remis en cause que l'orge cultivée est la première céréale à être domestiquée dans le Croissant Fertile. Les fossiles archéologiques effectués depuis le début du siècle en Syrie et en Iraq ont dévoilé la présence de caryopses d'orge provenant d'épis modifiés par le processus de domestication. Ces épis datent d'environ 10.000 ans avant le J.C., quelques centaines d'années avant l'apparition des blés cultivés diploïdes (engrain) et tétraploïdes (amidonnier).

Alors que Gallais et Bannerot (1992) ont considéré que l'orge sauvage depuis la Grèce et la Libye jusqu'au Nord- Est de l'Inde est presque unanimement reconnue comme la forme ancestrale de l'orge cultivée, avec laquelle elle est parfaitement inter fertile. En conditions naturelles, le rachis fragile d'*Hordeum spontaneum* facilite la dispersion des semences.

Zohary et Hopf (1993) montrent que les parents sauvages des plantes cultivées n'ont pas subi de changements génétiques cruciaux pendant les 10000 ans derniers. Evidemment, cette étude montre que l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) et l'orge cultivée (*Hordeum vulgare* L.) sont morphologiquement semblables.

Récemment, un des principaux défenseurs de la théorie monocentrale a proposé que l'orge a été domestiquée dans le Croissant Fertile (Zohary, 1999).

Enfin, cette période encore d'actualité retient une origine monocentrale d'orge, a duré jusqu'à présent. La vue admise a été cependant remise en cause au début des années 80 avec la conclusion de l'origine de l'orge sauvage au Tibet et au Maroc (Slafer *et al.*, 2002).

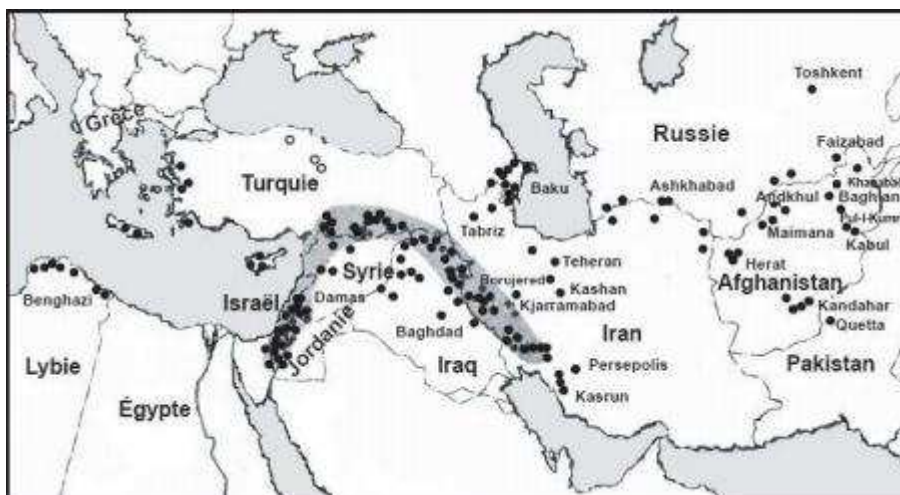


Figure 1 : Distribution de l'orge sauvage (*Hordeum spontaneum*) selon Harlan et Zohary (1966) modifiée par Harlan (1975).

## 1.2. La production de la culture d'orge :

### 1.2.1. Dans le monde :

L'orge est la quatrième culture céréalière dans le monde, après le blé, le maïs et le riz (Fao stat, 2008). C'est une espèce adaptée aux systèmes de culture pratiqués en zones arides et semi- arides. Cette adaptation est liée à un court cycle de développement et à une vigueur de croissance appréciable en début de cycle. Cette culture, de par ces caractéristiques, s'insère bien dans les milieux caractérisés par une grande variabilité climatique où elle constitue avec l'élevage ovin l'essentiel de l'activité agricole (Hakimi, 1989).

La production mondiale de l'orge a varié au cours de la période 1970 à 2010 de 119 à 178 millions de tonnes (Tableau 1, FAOSTAT, 2011).

### 1.2.2. En Algérie :

En Algérie, la culture de l'orge est pratiquée essentiellement sur les hautes plaines. Les superficies qui lui sont consacrées varient d'une année à l'autre avec une moyenne, sur plus d'un siècle (1901-2005), de 1 million d'hectares, une production moyenne variant de 3 à 16 millions quintaux et une moyenne de rendement grain de 7q/ha- (Menad, 2008).

La production de l'Algérie a varié de 0.163 à 1.5 millions de tonnes au cours de la période 1970 à 2010 (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Production mondiale (T) de l'orge des périodes 1961-70, 1971-80, 1981-90, 1991-2000 et 2001-2010 (FAOSTAT, 2011).

<b>Countries</b>	<b>1970</b>	<b>1980</b>	<b>1990</b>	<b>2000</b>	<b>2010</b>
<b>Algeria</b>	571.438	794.190	833.400	163.287	163.287
<b>Australia</b>	2.351.000	2.682.000	4.107.760	6.743.000	7.294.000
<b>Brazil</b>	26.735	74.680	157.353	257.068	274.038
<b>Bulgaria</b>	1.167.020	1.375.480	1.387.400	674.461	833.300
<b>Canada</b>	8.889.230	11.394.300	13.441.400	13.228.600	7.605.300
<b>China</b>	2.680.851	2.700.111	3.305.840	2.646.000	2.520.000
<b>Egypt</b>	84.000	106.961	142.000	99.392	117.113
<b>France</b>	8.154.000	11.692.000	9.995.700	9.709.330	10.102.000
<b>Germany</b>	6.679.940	12.804.900	13.992.000	12.105.800	10.412.100
<b>India</b>	2.716.300	1.623.700	1.485.700	1.447.000	1.600.000
<b>Iran</b>	1.083.000	1.352.500	3.548.170	1.686.040	3.209.590
<b>Iraq</b>	682.000	682.400	1.854.300	400.000	1.137.170
<b>Italy</b>	314.600	946.700	1.702.500	1.261.600	990.700
<b>Jordan</b>	5.537	38.129	42.406	12.070	10.659
<b>Lebanon</b>	5.878	7.000	20.238	9.400	35.000
<b>Libya</b>	52.807	71.000	141.476	85.000	102.000
<b>Mexico</b>	237.563	529.858	491.941	712.619	672.367
<b>Syria</b>	234.920	1.587.280	846.000	211.905	679.800
<b>Tunisia</b>	151.000	295.800	477.500	241.000	236.900
<b>USA</b>	9.060.150	7.862.600	9.192.000	6.919.230	3.924.870
<b>Total World</b>	119.378.704	156.702.809	178.051.013	133.115.053	123.477.192

### 1.3 Utilisation :

En Algérie, le grain d'orge sert essentiellement à l'alimentation animale et en second lieu seulement en tant que nourriture humaine. La paille d'orge constitue la principale source d'alimentation du cheptel. Dans d'autres régions du monde, le grain d'orge entre dans le processus de production du malt (Poehlman, 1985).

L'orge fait partie de l'alimentation humaine depuis plusieurs milliers d'années, bien qu'elle soit relativement peu consommée actuellement. L'orge, dans les pays plus développés, trouve une utilisation comme aliment des bébés. L'amidon de l'orge trouve d'autres utilisations en industrie alimentaire comme adoucissant ou adjuvant et surtout comme boissons alcoolisées telles que l'alcool (Bothmer et al.2003). La brasserie est un des grands débouchés de la culture de l'orge. Les orges de brasserie se caractérisent par leur richesse en extraits et une teneur en protéine assez faible comparativement aux orges fourragères (Bothmer et al.2003).

## 2- Biologie des plantes d'orge :

### 2-1- Classification :

D'après Chadefaud et Emberger (1960), Prats (1960) et Feillet (2000), l'orge cultivée est appartenue à la classification suivante tableau 2:

**Tableau 2 :** Classification de l'orge.

Classification	Orge
Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
S/Classe	Commelinidae
Ordre	Poale
Famille	Poaceae (ex Graminées)

<b>S/Famille</b>	Hordeoideae
<b>Tribu</b>	Hordeae (Hordées)
<b>S/Tribu</b>	Hordeinae
<b>Genre</b>	<i>Hordeum</i>
<b>Espèce</b>	<i>Hordeum vulgare</i> L.

note que le genre *Hordeum* comprend des espèces diploïdes ( $2n=14$ ) dont les biotypes cultivés comme *Hordeum Vulgare* , *Hordeum Distichum* , *Hordeum intermedium* , et sauvage comme *Hordeum spontaneum* , *Hordeum agriocrithon* et *Hordeum pusillum* . L'espèce tétraploïde ( $4n=28$ ) est constituée uniquement des biotypes sauvages comme *Hordeum murinum* , *Hordeum bulbosum* , *Hordeum jubatum* et *Hordeum nodosum* .

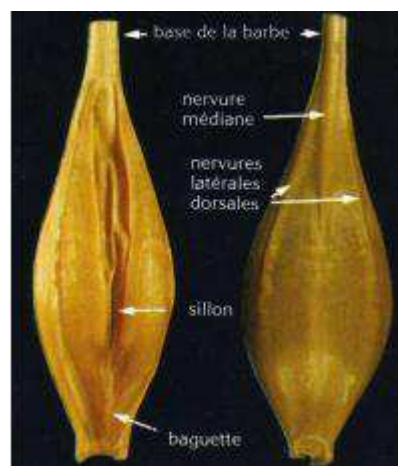
Quant à Soltner (2005) il classe les orges selon leur milieu de culture en trois groupes qui sont :

- ❖ **Les orges d'hiver** dont le cycle de développement varie de 240 à 265 jours, s'implantent en automne. Ces orges ont besoin pour assurer leur montaison, de température vernalisante qui manifeste un degré plus au moins élevé de résistance au froid hivernal.
- ❖ **Les orges de printemps** dont le cycle de développement est très court (environ 120 à 150 jours), s'implantent au printemps. Ces orges n'ont aucun besoin de vernalisation pour assurer leur montaison.
- ❖ **Les orges alternatives** qui sont intermédiaires au plan tolérance au froid, entre les orges d'hiver et celles de printemps.

## 2-2- Description morphologique :

### 2-2-1- Grain :

Le grain est un caryopse de section arrondie ou ovale, de poids moyen variable selon les espèces et les variétés. Le grain d'orge est vêtu dans la mesure où il reste inséré dans les glumelles au cours de la dissémination où la glumelle inférieure correspond à la face dorsale du grain. Elle présente une nervure médiane et deux nervures latérales dorsales. Elle est prolongée par une barbe. Alors que la glumelle supérieure correspond à la face ventrale du grain. Celui-ci présente une dépression ou sillon à la base duquel est insérée une baguette (Figure 2).



**Figure 2 :** Vue ventrale et dorsale du grain d'orge. (Clément.1981).

La coupe longitudinale de grain d'orge révèle de l'extérieur vers l'intérieur les parties suivantes:

- **Le péricarpe ou l'enveloppe** il est constitué de l'extérieur vers l'intérieur par le péricarpe (parois de l'ovaire), le tégument, et l'assise protéique.
- **L'endosperme ou l'amande** constitue presque tout l'intérieur du grain et se compose principalement de minuscules grains d'amidon.



- **Le germe ou l'embryon** comprend 2 parties : la plantule (future plante) et le cotylédon (réserve de nourriture très facilement assimilable, destinée à la plantule) qui contient l'essentiel des matières grasses du grain.

La composition du grain d'orge diffère par sa teneur en cellulose est un peu plus élevée, en raison de l'existence des glumelles (Clément.1981).

### 2-2-2- Appareil végétatif :

#### *L'appareil aérien :*

L'orge (*Hordeum vulgare L.*) est formé d'un certain nombre d'unités biologiques ou des ramification appelées talles. Ces ramifications partent toutes d'une zone, appelée court-nouée située à la base de la tige ;le plateau de tallage , il est caractérisé par un nombre de talles élevé.

La tige est creuse et formée d'entre-nœuds, séparées par des nœuds, zones méristématiques à partir desquelles s'allongent les entre-nœuds et se différencient les feuilles. Chaque nœud est le point d'attache d'une feuille.

La hauteur de la tige varie selon les espèces, les variétés, et les conditions de culture. Chez l'orge (*Hordeum vulgare L.*) elle s'étend entre 60 cm à 150 cm (Soltner, 1990 ; Pétrequin et Baudais, 1997).

Les feuilles sont alternes, longues, étroites et à nervures parallèles. Chaque feuille comprend deux parties: une portion inférieure enveloppant l'entre-nœud correspondant à la gaine, et une portion supérieure, le limbe.

Les gaines, attachées au niveau des nœuds, sont emboîtées les unes dans les autres et forment un tube cylindrique entourant la tige qui se déboîte au fur et à mesure de la croissance des entre-nœuds. A la jonction du limbe et de la gaine, on rencontre une petite membrane non vasculaire, plus au moins longue et dentelée, la ligule. De chaque côté de celle-ci, à la base du limbe se trouvent deux stipules appelées oreillettes plus au moins embrassantes, (Soltner, 1990).

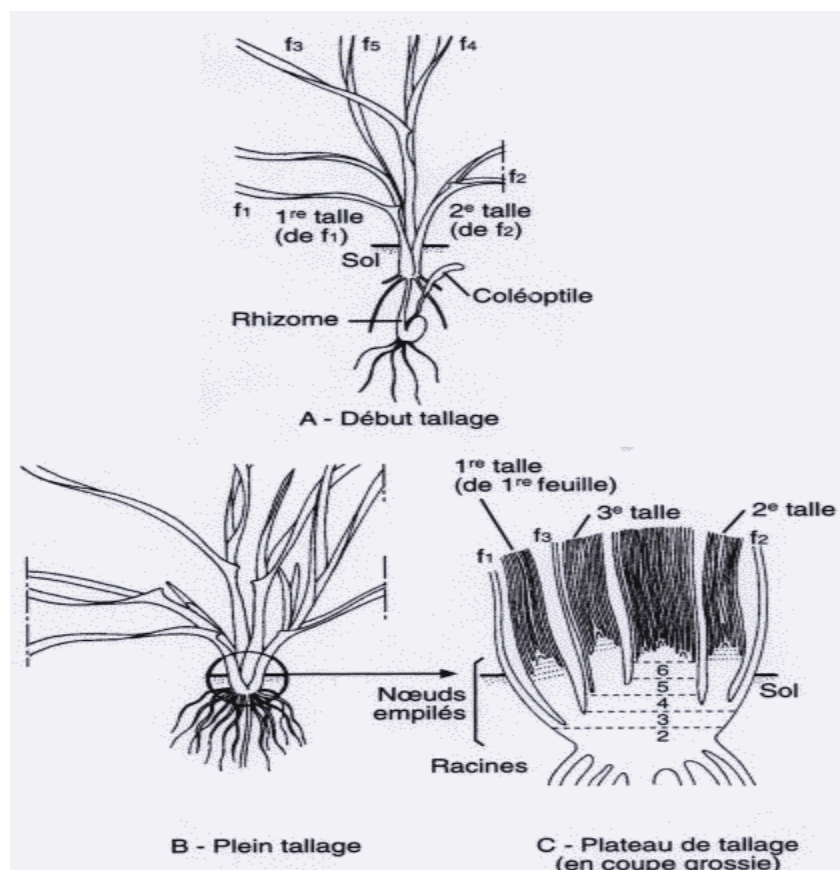


Figure 3 : Description morphologique d'orge. (Soltner, 1990).

### ✚ L'appareil racinaire

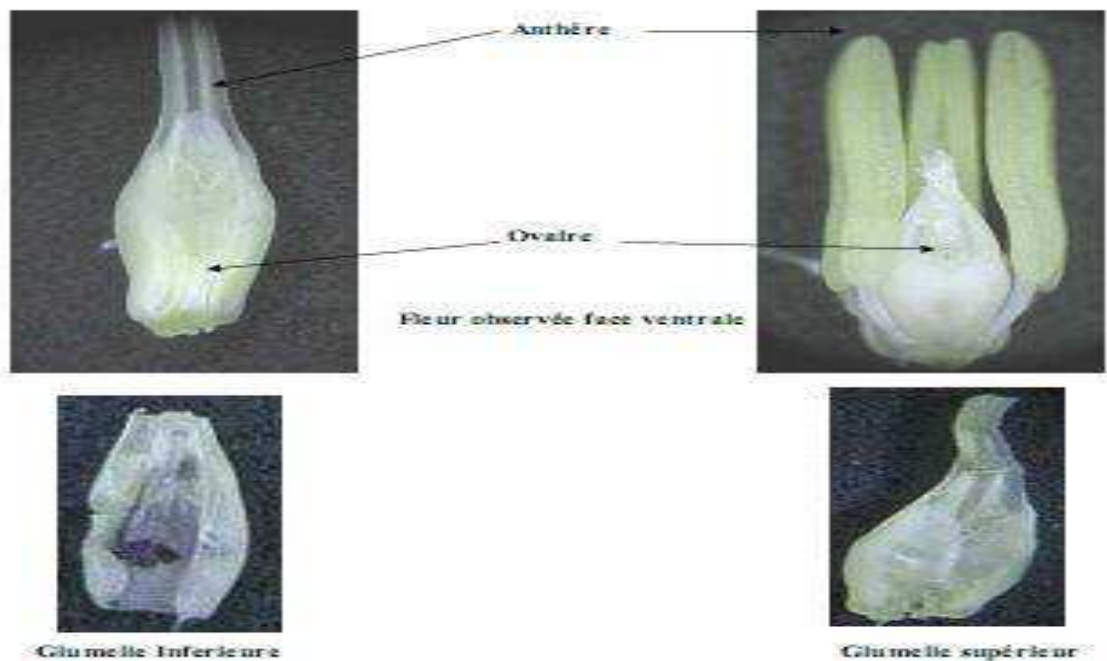
Il est composé de deux systèmes racinaires successifs :

- Un système séminal, fonctionnel seul de la levée au début du tallage. Les racines de ce système sont au nombre de six, rarement sept (Hazmoune. 2006).
- Un système adventif ou coronal, apparaissant au moment où la plante émet ses talles. Ce système se substitue progressivement au précédent durant l'avancement du cycle biologique des céréales à paille. Il est de type fasciculé. Bien que moins puissant (Soltner.2005).

### 2-2-3- Appareil reproducteur

L'inflorescence est de type racème. C'est donc une grappe dont les fleurs sont sans pédoncules; elle est appelée épi terminal.

Lors de la floraison de l'orge, la maturité des organes mâles et femelles est sensiblement asynchrone. La floraison débute vers le tiers supérieur d'épi et s'étend d'un à deux jours à l'épi entier, l'orge cultivée est une espèce nettement autogame. (Gallais et Bannerot.1992).



**Figure 4:** Inflorescence d'orge (*Hordeum vulgare*L.). (Gallais et Bannerot.1992).

### 3. Cycle biologique de développement :

Au stade herbacé, la plante d'orge se distingue principalement des autres céréales par un feuillage vert clair, la présence d'une ligule très développée, des oreillettes glabres et un fort tallage herbacé. Le cycle végétatif est subdivisé en deux grandes périodes, végétative et reproductrice. C'est au cours de la période végétative que la plante produit des feuilles et des racines. Cette phase végétative s'étend de la germination à l'ébauche de l'épi. La germination du grain commence quand il a absorbé environ 25% de son poids d'eau. (Anderson *et al.*1985)

La racine principale, couverte d'une légère enveloppe ou coléorhize, apparaît de même que la coléoptile recouvrant la gemmule, elle perce la couche superficielle du sol, percé à son tour par la première feuille (Anderson

*et al.* 1985). Le tallage est un mode de développement propre aux graminées. Il débute à la troisième feuille, lorsqu'un renflement apparaît à 2cm de la surface du sol, c'est le futur plateau de tallage. La première talle apparaît généralement à l'aisselle de la première feuille lorsque la plante est au stade 4 feuilles. Par la suite, à chaque nouvelle feuille correspond l'apparition d'une talle. En même temps que se déroule la quatrième feuille, et que pointe la première talle, de nouvelles racines sortent de la base du plateau de tallage: ce sont les racines secondaires, les racines primaires deviennent inactives.

La période reproductrice comprend la formation et la croissance de l'épi. Elle commence au stade épi-1cm ou début de la montaison. La montaison est caractérisée par l'allongement des entre-nœuds et la différenciation des pièces florales. A ce stade, un certain nombre de talles herbacées commence à régresser alors que, d'autres arborent des épis. Pendant cette phase de croissance active, les besoins en éléments nutritifs notamment en azote sont accrus (Anderson *et al.* 1985). Cette phase s'achève une fois l'épi prend sa forme définitive à l'intérieur de la gaine de la feuille étendard qui gonfle: c'est le stade gonflement.

L'épiaison se caractérise par l'émission de l'épi hors de la gaine de la feuille étendard.

Les épis sortis de leur gaine, fleurissent, généralement, 4 à 8 jours après l'épiaison. Le nombre de grains par épi est fixé, à ce stade (Anderson *et al.* 1985). C'est au cours de cette période que s'achève la formation des organes floraux et s'effectue la fécondation. La floraison est caractérisée par l'apparition des étamines sur l'épi. Cette phase correspond au maximum de la croissance de la plante qui aura élaboré les trois quarts de la matière sèche totale et dépend étroitement de la nutrition minérale et de la transpiration qui influencent le nombre final de grains par épi (Anderson *et al.* 1985).

Pendant la phase de formation et de maturation du grain, il n'y a plus de croissance des feuilles et des tiges. Le produit de l'activité photosynthétique

est entièrement dirigé vers le grain qui grossit, met en place ses enveloppes et accumule des éléments carbonés et azotés.

Les glucides, qui proviennent de l'activité photosynthétique des feuilles encore vertes, constituent l'amidon du grain. Les acides aminés proviennent de la migration des réserves azotées accumulées dans les parties végétatives (feuilles, tiges, épis) et constituent les protéines du grain (Anderson *et al.*1985). Le grain passe par trois stades consécutifs : laiteux, pâteux et grain mûr. Entre les stades laiteux et pâteux, la quantité d'eau contenue dans le grain est stable; c'est le palier hydrique, phase critique du remplissage du grain, où un dessèchement pré maturé de la plante peut bloquer la migration des réserves et provoquer l'échaudage du grain (Anderson *et al.*1985).

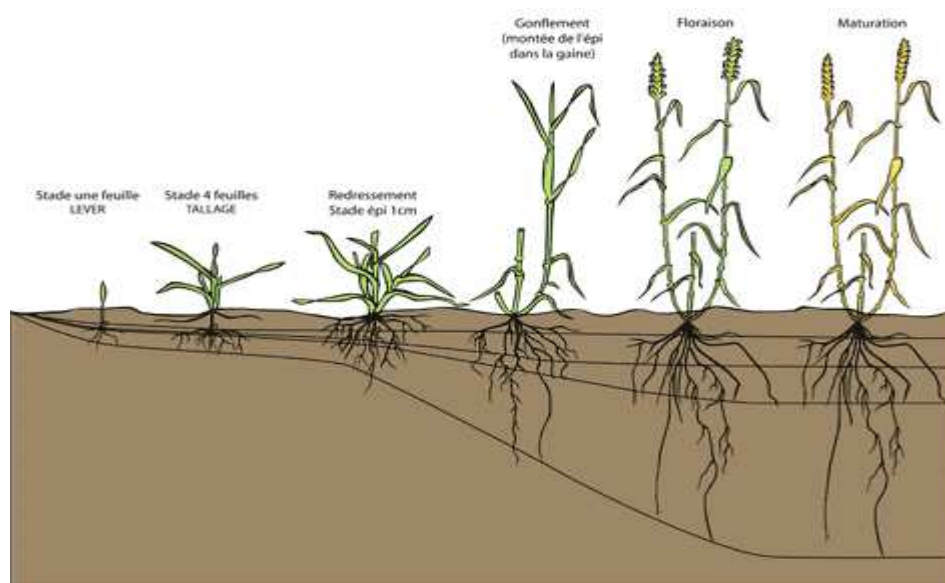


Figure 5: stades de végétation de l'orge. (Anderson *et al.*1985).

#### 4. Les principales variétés d'orge cultivées en Algérie :

Selon Boufenar et Zaghouane (2004), les variétés Saida, Rihane et Tichedrett ont une large distribution en Algérie. D'autres variétés existent mais elles sont peu demandées telles que Jaidor (Dahbia), Barberousse

(Hamra), Acsad (Nailia) et El Fouara, qui ont une distribution qui obéit à la demande des agriculteurs.

## **5. Les contraintes de la production de l'orge en Algérie :**

### **5.1. Le stress hydrique :**

Le déficit hydrique est une contrainte permanente de la production agricole dans de nombreux pays au climat de type méditerranéen. Elle est à l'origine des pertes de production agricole dans de nombreuses régions. Les risques du manque d'eau sont et deviendront de plus en plus fréquents et persistants, à l'avenir, par suite des changements climatiques causés par l'effet de serre (Witcombe *et al.* 2009). Passioura (2004) définit le déficit hydrique comme étant les circonstances dans lesquelles les plantes accusent une réduction de la croissance et de la production suite à une alimentation hydrique insuffisante.

Selon Kameli et Losel (1996) la croissance s'arrête avant qu'aucun abaissement notable ne soit perceptible dans le contenu relatif en eau. Le premier effet du déficit hydrique est de réduire la vitesse de croissance des cellules de la tige.

L'inflorescence des céréales est relativement protégée de l'évaporation par des surfaces protectrices comme une cuticule épaisse qui fait que le statut hydrique des inflorescences est meilleur que celui des feuilles (Shepherd et Griffiths, 2006). Le déficit hydrique provoque la réduction du nombre de grain par épi, du nombre d'épis par plant, du poids moyen du grain, de l'indice de récolte et du rendement grain (Chenafi *et al.* 2006).

Sous stress hydrique, la matière sèche augmente progressivement, mais elle reste sous le seuil de 50%, comparativement à l'évolution de la matière sèche du témoin non stressé. Cette réduction est assez conséquente pour

affecter significativement le rendement grain (Bouzerzour et Benmahammed, 2009).

Le déficit hydrique affecte significativement les composantes du rendement. Le rapport poids des racines/ poids des tiges augmente chez les plantes exposées au déficit hydrique, à cause de la croissance racinaire au détriment de la partie aérienne (Benmahammed *et al.* 2008). Parmi les solutés, accumulés sous stress hydrique, on note une augmentation des sucres solubles, des acides aminés comme la proline et à un degré moindre la glycinebétaine, dont le rôle est la protection des membranes (Hussain, 2006).

## **5.2. Le stress thermique:**

Le seuil mis en cause dans le cas du stress des hautes températures est variable en fonction du stade végétatif de la plante et de l'interaction avec le stress hydrique. Rawson *et al.*(1993) montre que l'effet pénalisant de l'élévation de la température est surtout dû au fait que la plante n'arrive pas à absorber les éléments nutritifs et l'eau, et les utiliser, au rythme imposé par le stress thermique.

On note une réduction du nombre de plantes levées par unité de surface, suite aux effets des hautes températures lors de la période du semis. L'effet des hautes températures au semis se matérialise par une réduction de la longueur de la coléoptile. La plante ne peut, alors, s'ancrer en profondeur et devient sensible aux effets du stress thermique.

Hauchinal *et al.* (1993) observent une réduction du rendement grain des semis tardifs, liée à une diminution du nombre d'épis et du poids moyen du grain, causée par les effets des hautes températures en fin de cycle. Ils notent aussi que l'effet pénalisant du stress thermique se matérialise par une accélération du développement et une réduction des dimensions des organes constitutifs de la plante.

La résultante est un effet négatif sur la productivité globale de la plante. L'élévation de la température, tard au cours du cycle de développement de la plante et particulièrement après l'anthèse, est une contrainte à l'augmentation des rendements en zone semi-aride. L'effet se manifeste par une accélération de la sénescence foliaire et l'arrêt de la croissance du grain (Haddad, 2010). La température optimale pour le développement et le remplissage du grain des céréales d'hiver varie de 12 à 15°C (Wardlaw et Willimbrik, 1994). Une diminution de 3 à 5% du poids du grain pour chaque degré centigrade d'augmentation de la température à partir de la base des 15°C, est notée.

L'abaissement brutal de la température, en dessous de 0°C, provoque de nombreuses perturbations au sein du végétal. Lorsque la température chute fortement, des cristaux de glace se forment dans les espaces intercellulaires déshydratant les cellules dont l'eau migre vers ces espaces. La membrane plasmique perd sa spécificité et il y a arrêt du fonctionnement cellulaire. La réversibilité du phénomène n'a lieu que si la structure cellulaire n'est pas fortement endommagée. Lors du dégel, les cellules intactes se réhydratent et redeviennent fonctionnelles.

Abbassenne *et al.* (1997) observent une chute de la fertilité des épis des semis précoces qui est liée aux effets des basses températures au cours du stade gonflement. Gate (1995) mentionne que les températures minimales inférieures à -4°C, de la période stade épi-1cm stade 2 nœuds, affectent le nombre de grains/épi. Mekhlouf *et al.* (2006) mentionnent qu'en régions méditerranéennes semi-arides, les gelées printanières touchent surtout les variétés précoces au stade début monté, détruisant l'épi du brin maître. Les dégâts sur racines se manifestent particulièrement sur la croissance du rhizome.



### 5.3. Le stress salin :

Munns *et al.*(2006) mentionnent que le feuillage de l'orge soumise au stress salin est affecté dès l'imposition du stress par l'effet du manque d'eau et non par l'effet ionique du sel. Les effets ioniques ne sont visibles qu'une semaine à 10 jours après imposition du stress salin. Dans le cas où le niveau de stress est intense et que la plante possède une faible capacité d'exclusion des ions mis en cause ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) les effets apparaissent sur les feuilles âgées où les ions  $\text{Na}^+$  et/ou  $\text{Cl}^-$  s'accumulent dans le cytoplasme et induisent l'inhibition enzymatique.

Ils affectent aussi la structure de la membrane, déshydratent la cellule après que la vacuole soit fortement concentrée. Les mécanismes contrôlant la tolérance sont de deux types: ceux minimisant l'entrée des ions toxiques et ceux minimisant l'accumulation des ions toxiques dans le cytoplasme. Les espèces halophytes possèdent les deux mécanismes. Elles excluent les ions toxiques et les compartimentent aussi dans la vacuole où ils font le moins de dégâts.

La salinité devient de plus en plus un important facteur limitant la production des végétaux dans les zones arides et semi arides. La tolérance à ce type de stress est considérée comme une caractéristique quantitative sous contrôle génétique de gènes mineurs (Cuin *et al.* 2008). L'amélioration de la résistance à ce type de stress selon le processus de sélection classique est peu efficace (Houshmand *et al.* 2005). Des stratégies alternatives sont recherchées dont entre autre la production des plantes transgéniques et la régénération de plantes acquérant la tolérance à la salinité après sélection *in vitro* (Benderradji *et al.* 2010).

L'utilisation d'un matériel végétal obtenu par sélection *in vitro* demeure cependant une alternative controversée. En effet s'il est facile de sélectionner des lignées cellulaires tolérantes à la salinité *in vitro*, la tolérance acquise se perd une fois ce matériel végétal est utilisé en milieu peu ou non salin (Santos *et al.*2000, Benderradji *et al.*2010). Une des raisons du peu de succès de la sélection *in vitro* réside dans l'absence de distinction entre les cellules adaptées des vrais mutants (Bajji *et al.*2002).

Il semble en effet que la soumission graduelle des cellules végétales à la salinité est inefficace dans la sélection des mutants tolérants au stress salin (Lutts *et al.*1996). Ceci parce que les cellules non tolérantes peuvent entreprendre une adaptation par épigénie (accoutumance au sel) au gradient de salinité imposé (Lutts *et al.*1996). Par conséquent cette adaptation voile la sélection des vrais mutants porteurs de la tolérance d'origine génétique (Lutts *et al.*1996).

## **6. Sélection de l'orge :**

L'amélioration des plantes se fait généralement par sélection ainsi que par le croisement éventuel de différentes variétés, suivie de sélections. Le patrimoine génétique des espèces sélectionnées se retrouve donc dans la variété créée, qui peut combiner des avantages de ses différents parents. Ce processus de sélection est long et il faut plusieurs années pour produire une nouvelle variété. Il nécessite aussi de disposer d'une importante collection de variétés, en particulier les variétés sauvages qui peuvent apporter des solutions à l'apparition de nouvelles maladies, c'est pourquoi il est primordial de conserver cette biodiversité (Bothmeret *al.*2003).

La sélection des plantes peut se faire de façon très structurée, mais elle a existé ou existe toujours aussi de façon informelle. L'objectif de la sélection est l'identification de nouvelles lignées qui portent un ensemble de

caractéristiques désirables leurs permettant d'être adoptée comme variétés agricoles sans de grands risques pour les producteurs. Elles doivent réduire les couts de production au niveau de l'exploitation et surtout doivent se distinguer par une meilleure régularité des rendements en grains et une nette amélioration de la qualité du produit récolté (Bonjean et Picars.1990). L'amélioration des rendements en zones sèches et variables passe par l'adoption de variétés relativement plus plastiques et plus adaptées qui valorisent des itinéraires techniques moins intensifs et tolèrent un climat de nature variable (Bouzerzouret al.1998).

Les populations naturelles ou variétés de pays sont un mélange de types ayant un certain nombre de caractères communs suite à la sélection naturelle exercée par le climat .Les améliorateurs utilisent ces populations comme matériel de base pour la création de la variabilité. Les meilleurs épis, qui représentent le type le plus adapté, sont choisis, leurs graines mélangées, multipliées et utilisées comme cultivar. Cette méthode de sélection est dite massale. Lorsque les graines des épis choisis ne sont pas mélangées, mais semées à part pour comparer la descendance, sur plusieurs années et lieux, on débouche sur la sélection généalogique qui permet de ne garder que le type le mieux adapté au climat du lieu considéré (Bothmeret al.2003).

## **6.1 Variabilité génétique naturelle:**

### **6.1.1 La sélection massale:**

C'est la plus ancienne. C'est une méthode simple et peu coûteuse : on choisit les plantes qui semblent les plus intéressantes dans une population (meilleurs épis, meilleurs fruits etc.), puis on utilise leurs graines comme semence pour la culture suivante. Ceci est fait de génération en génération ce qui permet d'augmenter la valeur moyenne de la population. Les plantes sont choisies sur la base de leurs phénotypes, dont elle est basée sur les caractères qui s'expriment facilement (précocité, hauteur, couleur, forme..). Les graines des plantes sélectionnées sont mélangées pour former la semence de départ qui

est utilisée l'année suivante pour la multiplication. Cette méthode est la plus ancienne méthode de sélection pratiquée par l'homme (Bothmer *et al.*2003).

### **6.1.2 La sélection généalogique:**

La sélection généalogique aussi appelée filiation en autofécondation, se caractérise par le fait que la sélection des lignées a lieu pendant leur fixation à l'état homozygote. Ce type de sélection débute par le croisement de deux parents dont les caractères sont jugés intéressants et complémentaires. Les plantes issues de ce croisement sont hétérozygotes pour un grand nombre de gènes et présentent une forte variabilité de phénotype. Elles sont autofécondées afin de produire des plantes dont le niveau d'hétérozygotie est moins grand, au sein desquelles le sélectionneur choisit les meilleurs individus.

Le cycle autofécondation-sélection est répété pendant 4 à 5 générations afin de produire des lignées fixées. Cette méthode est imprécise du fait que la sélection est réalisée sur des plantes qui présentent un taux d'hétérozygotie important, et elle entraîne une perte rapide de la variabilité génétique. C'est pourquoi elle est très efficace pour des caractères très héritable, c'est-à-dire peu influencés par le milieu, mais peu efficace pour les caractères complexes et peu héritable (Bothmer *et al.*2003).

### **6.2. Variabilité génétique artificielle :**

Pour satisfaire la demande des agriculteurs qui veulent produire plus et mieux, les sélectionneurs se retournent vers les croisements artificiels pour créer de la variabilité pour les besoins de la sélection. Le choix des géniteurs est basé sur la complémentarité vu qu'aucune variété, pris individuellement, n'est totalement bonne pour toutes les caractéristiques d'intérêts. L'objectif est d'essayer d'assembler, dans une population créée artificiellement, les qualités des parents croisés (Bouzerzour et Benmahammed.1995).

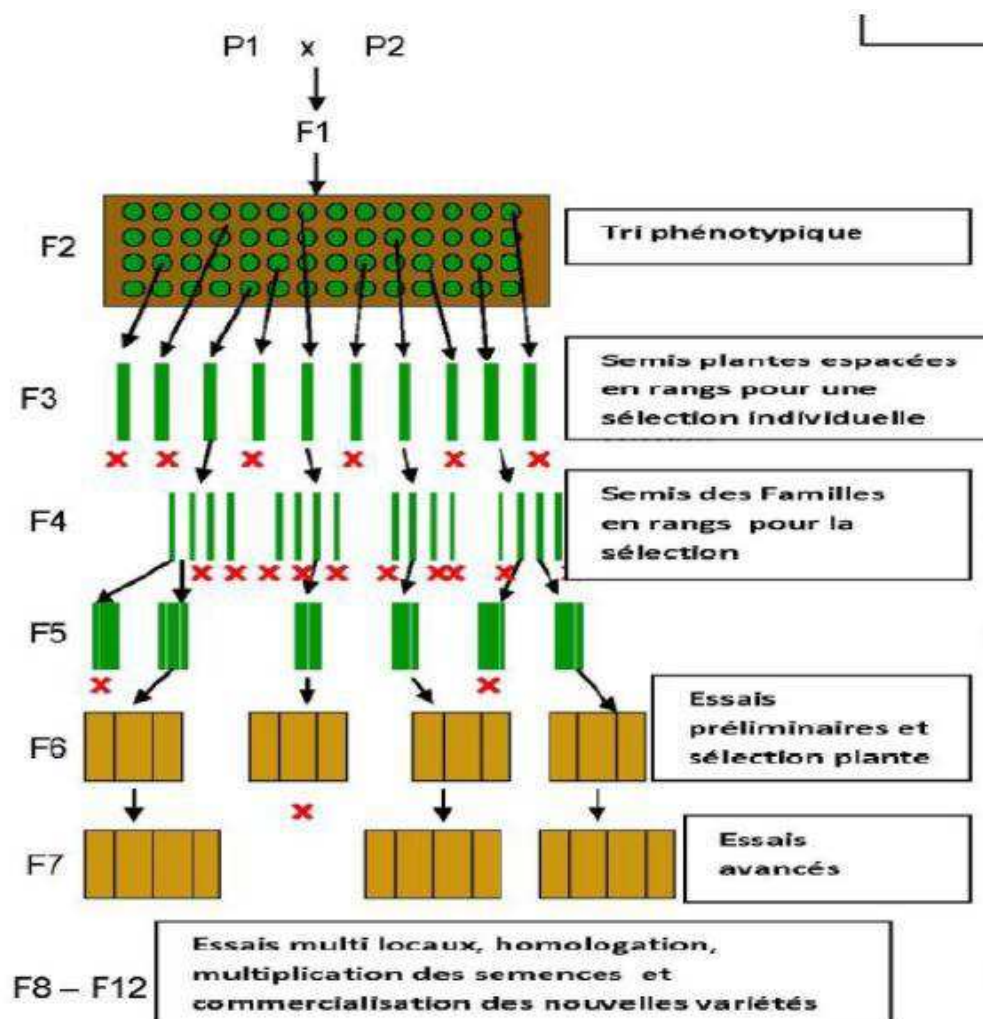
Pour réaliser l'hybridation, l'épi de la variété choisie comme femelle est castré. On garde les deux fleurs les plus développées par épillets, on coupe à

mi-hauteur les glumes et on arrache les trois étamines de chaque fleur avant leur maturité.

L'épi castré est en suite placé sous un sachet. Deux à trois jours plus tard, il est pollinisé par la variété choisie comme mâle. Les grains obtenus sont semés et constituent la génération F1, dont le produit, une fois semé constitue la génération F2, point de départ de la sélection artificielle qui est pratiquée selon plusieurs méthodes.

#### **6.2.1. La méthode pédigrée:**

Dans le cas de la méthode de sélection pedigree, les semences de la génération F2, issues de la récolte des plantes F1, sont mises en place en semis espacé, suite à la ségrégation qui caractérise cette génération. C'est à partir de cette génération que les différences vont apparaître entre les plantes (disjonction des caractères). Le travail du sélectionneur consiste à repérer les plantes qui combinent les caractères favorables des deux parents croisés. Les graines issues de chaque plante F2 sélectionnée, constituent la semence de départ d'une lignée ou famille F3 l'année suivante. La sélection est répétée par lignée au cours des premières générations (F3-F7) par comparaison à des témoins qui sont les plus cultivés. Une fois, une lignée devient homogène, elle passe aux essais comparatifs de rendement. Si elle révèle un bon potentiel sur trois années et plusieurs sites, elle est inscrite comme nouvelle obtention (Figure 6).



**Figure 6:**La méthode de sélection pedigree. (Bouzerzour et Benmahammed.1995).

### 6.2.2 La méthode bulk :

La méthode de sélection "*bulk*" ou en vrac est pratiquée sur un matériel végétal en ségrégation issus des croisements artificielles comme pour la méthode pédigrée. Dans cette méthode la population entière est récolte en vrac, et seul un échantillon moyen est reconduit pour la génération suivante. Le processus est ainsi répété jusqu'à l'obtention d'une population (généralement F7 voire F8) constituée de lignées fixées mais différentes phénotypiquement.

A l'intérieure de cette population on effectue une sélection par plante séparément. La semence de ces plantes est multipliée et le produit est utilisé

dans les essais comparatifs de rendement (Bothmer *et al.*2003). Cette méthode est peu coûteuse, permet d'étudier un grand nombre de populations ou croisements. Elle est plus efficace que la sélection pédigrée pour les caractères peu hérifiables car la variabilité génétique diminue moins vite.

### **6.2.3. La méthode de filiation mono graine ou single seed descent (SSD) :**

Dans cette méthode, la variabilité disponible dans la génération F2 est entièrement représentée dans les générations F3 à la F7, par la prise d'une graine de chaque plante ou épi de la génération en ségrégation. Après la F7, le produit de chaque plante est semé à part pour produire de la semence nécessaire à la conduite des essais comparatifs de rendement (Bothmer *et al.*2003).

La méthode de sélection par filiation mono graine permet de limiter la perte de variabilité génétique, ce qui la rend efficace pour des caractères peu hérifiables. Cette méthode est coûteuse, sa gestion est lourde et il y a un risque de perte de matériel : si une graine ne germe pas (Bothmer *et al.*2003).

### **6.2.4. L'haplo-méthode :**

Les premiers résultats sur l'haploïdisation ont été publiés en 1964 à la suite des travaux de Guha et Maheshwari sur *Datura* sp. C'est une technique grandement utilisée dans le domaine de l'amélioration des plantes. Elle constitue aujourd'hui la ligne de mire de plusieurs laboratoires de recherche agronomique à travers le monde. Un haploïde doublé (HD) est une plante haploïde dont le stock chromosomique a été doublé via une endomitose ou après traitement par un agent mitotique dont le plus courant est la colchicine (Bonjean.1995).

Le dédoublement des chromosomes chez les plantes haploïdes peut survenir spontanément ou bien être induit artificiellement. Il entraîne la duplication exacte de l'information génétique de chacun des chromosomes. On obtient ainsi, en une seule génération, des lignées complètement homozygotes

(Picard et coll. 1994). Par la voie conventionnelle de l'autofécondation, il faut compter plus de dix générations pour arriver à un résultat semblable.

L'homozygotie, c'est-à-dire la fixation des caractères génétiques, observée chez les HD rend possible la mesure du phénotype de chaque lignée. Il n'y a pas d'effet de biais dû à l'hétérosis, comme c'est le cas en F2 ou en F3. Les allèles à chaque locus, qu'ils soient récessifs ou dominants, s'expriment tous ; aucun n'est masqué par l'allèle porté par l'autre chromosome homologue.

Les explants utilisés pour produire les HD sont des gamétophytes : anthères, microspores, sacs embryonnaires, ovules (Bourgin et Nitsch 1967; San 1976).

Dans le cadre de l'amélioration génétique de l'orge, trois voies d'obtention des haploïdes doublés sont le plus souvent employées :

La culture d'anthères (Roberts-Oehlschlager et Dunwell 1991), la culture de microspores isolées (Davies et Morton 1998) et le croisement avec *Hordeum bulbosum* (Lange 1971). Les travaux de Devaux (1987) indiquent que la culture d'anthères et la méthode *Hordeum bulbosum* seraient d'une efficacité comparable en termes de production de plantes vertes.

Par contre, la culture de microspores isolées donnerait une meilleure efficacité en ce qui concerne la production de plantes vertes (Davies et Morton 1998). La culture d'anthères de l'orge est utilisée par le laboratoire de physiologie végétale de l'INRAA (Figure 7).



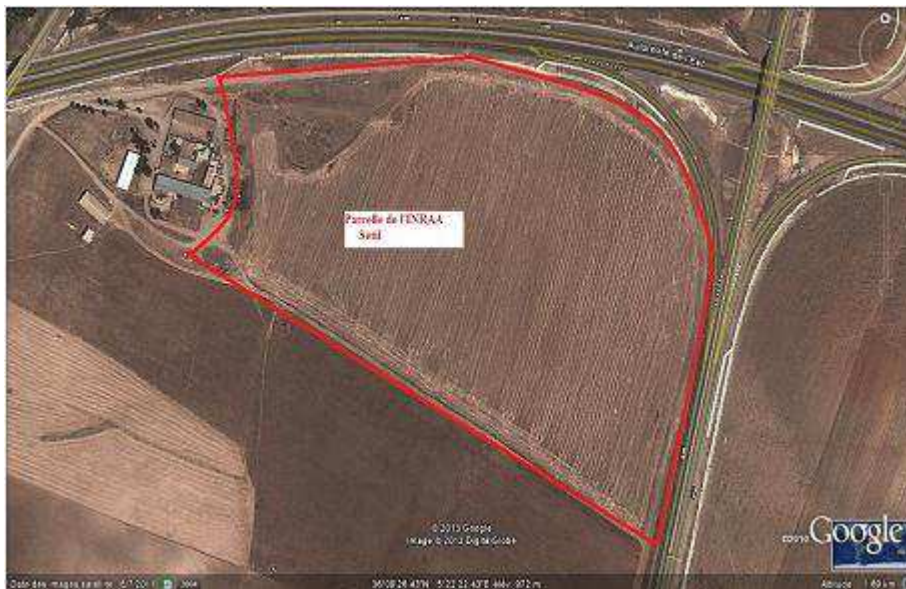


**Figure 7:** mise en culture des anthères (photos Laboratoire INRAA).

- ❖ a et b = prélèvement des anthères.
- ❖ c, d e = mise en culture des anthères sur un milieu d'induction.
- ❖ f = incubation.

### 1. Site, matériel végétal et dispositif expérimental utilisés:

L'étude a été menée au cours de la campagne agricole 2013/14 sur le site expérimental de l'unité de recherche de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), de Sétif. Le site expérimental est situé aux coordonnées géographiques 36° 15' N et, 05° 37' E, à une altitude de 981 m au-dessus du niveau de la mer. Le climat de la région du site expérimental est de type méditerranéen, continental, semi-aride, caractérisé par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide.



**Figure 8 :** site de l'INRAA de Sétif. (Google 2014)

L'expérimentation comporte le suivi de 11 lignées, issues du programme d'amélioration de l'orge de l'INRAA :

- ✚ 6 de ces lignées sont des haploïdes doublées à partir de la culture *in vitro* d'anthères des générations F2, au cours de la campagne 2010.. Les F2 sont issues des croisements faits entre les lignées commerciales Tichedrett, Express et Plaisant.
- ✚ 3 parents Tichedrett, Express et Plaisant.
- ✚ 2 témoins El Fouara et Saida.

Le matériel végétal, indiqué au tableau 3, est mis en place dans un dispositif en blocs complètement randomisés avec trois répétitions. La parcelle élémentaire a 6 rangs, espacés de 20 cm et de 5 m de long, soit une surface parcellaire de 6.0 m<sup>2</sup>.

L'essai était fertilisé avec 100 kg /ha de superphosphate (TSP) à 46 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> avant le semis et 75 kg/ha d'urée à 46% N au plain tallage. Le contrôle des graminées adventices est réalisé avec un désherbage manuel et l'herbicide *GRANSTO* à une dose de 15 Kg/ha au plain tallage .Cette parcelle a été semis le 10 /12/2013.

**Tableau 3.** Liste des lignées haploïdes doublées d'orge évaluées au cours de la campagne 20013/2014 sur le site expérimental de l'unité de l'INRAA de Sétif.

Ordre	HD	Pedigree	R1	R2	R3
1	HD26	F2 Tichedrett/Express	1	15	32
2	HD39	F2 Tichedrett/Express	2	20	26
3	HD46	F2 Tichedrett/Express	3	17	27
4		Plaisant	4	13	23
5	HD2	F2 Tichedrett/Express	5	19	33
6		Express	6	22	31
7	HD1	F2 Tichedrett/Express	7	12	24
8	HD37	F2 Tichedrett/Express	8	16	25
9		Tichedrett	9	21	29
10		El fouara	10	18	30
11		saida	11	14	28

## 2. Mesures et notations :

Les différentes notations et mesures faites ont porté sur :

### 2.1. La durée de la phase végétative :

Elle est déterminée en nombre de jours calendaires comptés à partir du 1<sup>er</sup> janvier à la date de réalisation de 50% de l'épiaison.

### 2.2. La teneur relative en eau :

La teneur relative en eau (TRE) a été mesurée sur la dernière feuille entièrement développée pour déterminer l'état hydrique des plantes selon la méthode de Barrs et Weartherly (1962). La feuille échantillonnée par traitement est coupée au niveau de la base du limbe et directement pesée pour avoir le poids de la matière fraîche (PF).

Elle est ensuite placée dans un tube à essai contenant 2 ml de l'eau, mise à l'abri de la lumière et à la température ambiante du laboratoire pendant 24 heures, pour atteindre l'état turgide. On détermine le poids turgide (PT), puis on sèche l'échantillon dans une étuve, à 65°C pendant 24 heures pour obtenir le poids sec (PS). La teneur relative en eau est déduite par la formule suivante:

$$TRE (\%) = [(PF - PS)/(PT - PS)] \times 100$$

où :

TRE = teneur relative en eau foliaire (%)

PF = poids de la matière fraîche foliaire (mg)

PS = poids de la matière sèche foliaire (mg)

PT = poids de la matière turgide foliaire (mg).

**2.3. Le nombre d'épis/m<sup>2</sup> :**

Le nombre des épis est déterminé par comptage des épis présents sur une station de 1 m de long par ligne.

**2.4. La hauteur de la végétation :**

La hauteur de la végétation prise en cm de la surface du sol au sommet de l'épi barbes incluses.

**2.5. Le poids de 1000 grains :**

Le poids de 1000 grains est déduit du comptage et pesage des graines d'un échantillon de 250 graines.

**2.6. Le nombre de grains par m<sup>2</sup> et par épi :**

Le nombre de grains par m<sup>2</sup> et par épi sont déduits par calcul en utilisant les moyennes du rendement grain, du poids de 1000 grains et du nombre d'épis par m<sup>2</sup> :

$$NGM^2 = 1000 (RDT/PMG).$$

$$NGE = NGM^2/NE.$$

Avec NGM<sup>2</sup>, RDT, PMG, NE et NGE sont respectivement le nombre de grains produit par m<sup>2</sup>, le rendement grain, le poids de 1000 grains, le nombre d'épis et le nombre de grains par épi.

**2.7. La surface de la feuille étendard :**

La longueur et la plus grande largeur de la feuille étendard sont mesurées sur un échantillon de 5 feuilles prises au hasard au stade épiaison. La surface moyenne de la dernière feuille entièrement développée a été estimée selon Belkherchouche *et al.*, (2008)

$$SF(cm^2) = 0,607(L \times l)$$

où :

SF = surface moyenne de la feuille étandard (cm<sup>2</sup>)

L = longueur moyenne de la feuille étandard (cm<sup>2</sup>)

l = largeur moyenne de la feuille étandard (cm<sup>2</sup>)

0,607 = coefficient de régression de la surface estimée à partir du papier grammage sur celle déduite par le produit (L x l).

### ***2.8. La teneur en chlorophylle :***

La teneur en chlorophylle est déterminée au stade épiaison à l'aide du SPAD 502 CCM-200 (Opti-Sciences, Tyngsboro, Massachusetts, USA). Trois lectures sont réalisées par accession et par répétition.

### ***2.9. La température de la canopée :***

La température de la canopée est mesurée après le stade épiaison, en réalisant 4 lectures par lignée. Le thermomètre portable, à infrarouge, utilisé est de marque Télétemp (Modèle AG-42, Teletemp Corp., Fullerton, CA) (Chaudhuri *et al.*, 1986).

### ***2.10. La biomasse aérienne :***

Le poids de la biomasse aérienne accumulée à maturité, déterminée à partir du poids sec de la plante.

### ***2.11. Le rendement grain :***

Le rendement grain est déterminé suite à la fauche et le battage de la végétation d'un rang par parcelle élémentaire

### ***2.12. Le rendement paille :***

Le poids de Le rendement paille accumulée à maturité, déterminée à partir du poids sec de la plante. sont déduits par calcul en utilisant les moyennes du rendement grain et la biomasse aérienne :

$$PLL=BIO -RDT$$

### ***2.13. L'indice de récolte :***

L'indice de récolte est déterminé par le rapport du rendement grain sur la biomasse mesurée à maturité :

$$HI (\%) = 100(RDT/BIO)$$

## **3. Analyse des données :**

### ***3.1. Analyse de la variance :***

Les données prises des trois répétitions sont traitées par l'analyse de la variance d'un dispositif aléatoire, utilisant le logiciel Costat 6.400 (1998-2008).

### ***3.2. Analyses des corrélations :***

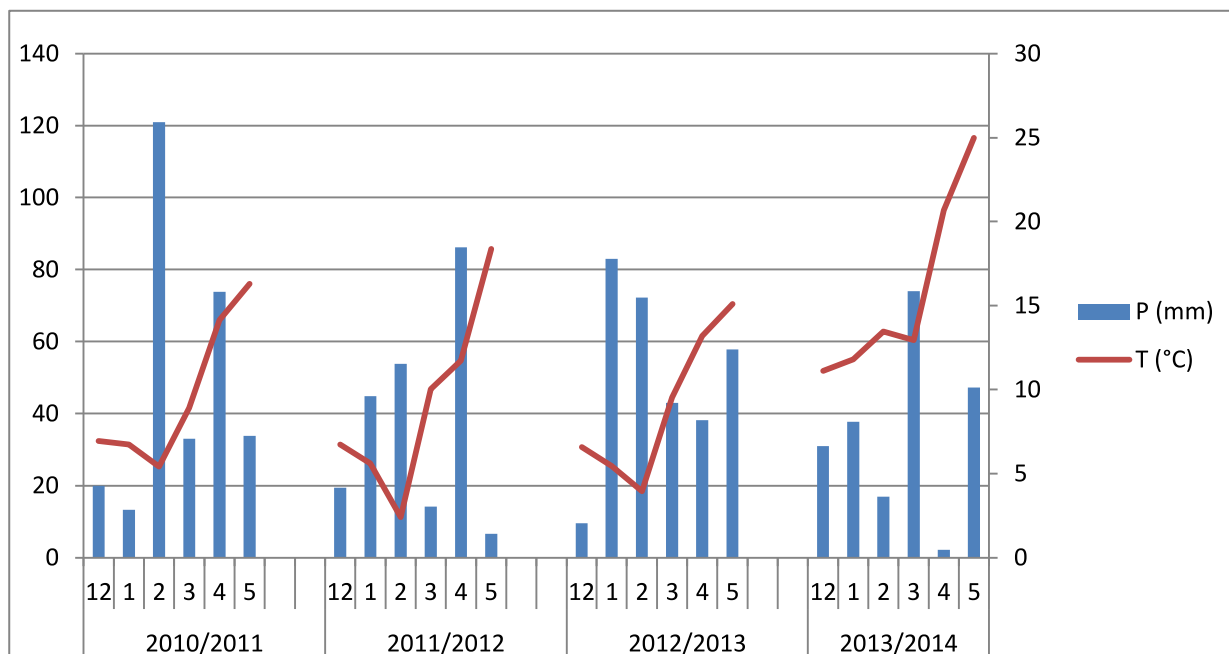
Les corrélations entre les différentes variables sont calculées, avec le logiciel *STATISTICA*, version 5.1. Ces corrélations donnent une idée sur les caractères susceptibles d'être utilisés comme critères de sélection.

### ***3.3. La régression :***

Avec l'utilisation de Microsoft Office Excel 2007.

### 1. Conditions climatiques

Les quatre dernières campagnes ont enregistré des cumuls de septembre à mai égaux à 294.9, 225.0, 303.8 et 209.04 mm, respectivement pour 2010/11, 2011/12 et 2012/13 20113/2014(Figure9).



**Figure9:** Pluviométrie et températures moyennes mensuelles des trois dernières campagnes du site de l'INRAA de Sétif.

Les conditions climatiques de la campagne 2013/14 sont caractérisées par un hiver froid et une répartition irrégulière de la pluviométrie, dont 57,99 % du cumul total (121,04 mm) sont enregistrés au cours des mois de mars et mai (Figure 9). Le printemps très pluvieux a favorisé un bon développement de la végétation. Comparativement aux campagnes 2010/2013 distinguées par un hiver très froid, pluvieux suivi d'un printemps chaud, enregistrant le maximum de pluie au mois de mai, l'été était sec et chaud. On remarque que la saison 2013/2014 été la moins pluvieuse (la plus sèche).



## 2. Etude la variabilité phénotypique :

### 2.1. Teneur relative en eau:

L'analyse de la variance de la teneur relative en eau, n'indique pas un effet lignées significatif (Tableau 4). Le test de comparaison des moyennes a révélé 02 groupes homogènes. Les valeurs moyennes prises par la variable teneur relative en eau varient de 69.24 % à 98.92% et une moyenne générale de 82.44%. Les valeurs moyennes extrêmes, minimale et maximale, sont prises respectivement par les lignées HD1 et HD2 (Tableau 5).

En termes de sélection, la recherche d'une teneur relative en eau élevée est désirable. Dans ce contexte, l'analyse de la variance indique l'existence de lignées qui présentent une teneur relative en eau plus élevée que celle de la variété témoin El Fouara (Figure 10). Les lignées HD2, HD37 sont concernées.

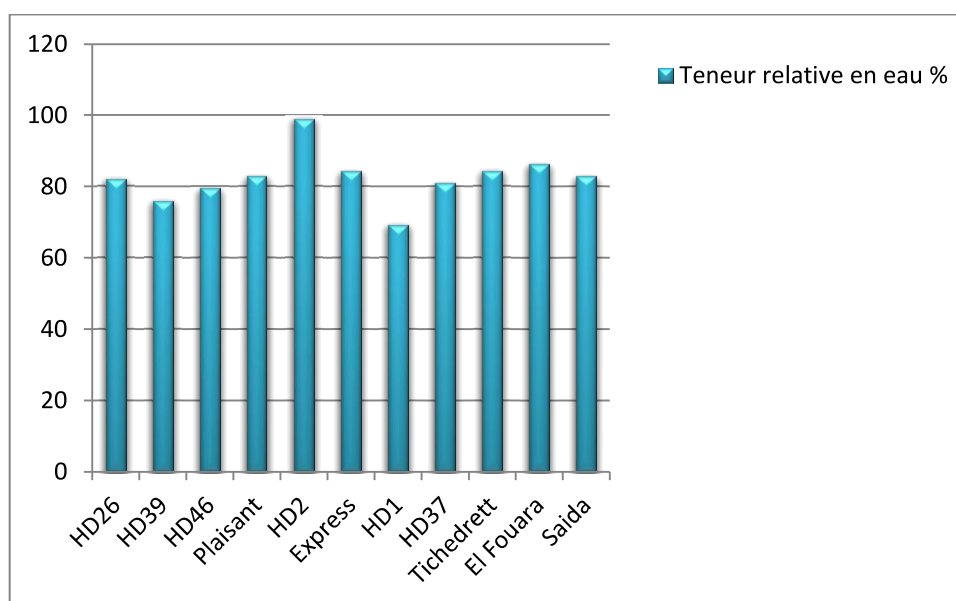


Figure 10 : les valeurs moyennes de la (TRE).

**Tableau 4 :** L'analyse de la variance des variables mesurées.

Caractère	Source de variation	Ddl	CME	F test
TRE	Blocs	02	53.54	ns
	Lignées	10	156.42	ns
	Erreur	20	120.91	
CHL	Blocs	02	26.2	ns
	Lignées	10	13.48	ns
	Erreur	20	26.11	
TCV	Blocs	02	0.06	ns
	Lignées	10	2.13	*
	Erreur	20	0.84	
DH	Blocs	02	4.45	ns
	Lignées	10	50.23	**
	Erreur	20	10.12	
SF	Blocs	02	8.33	ns
	Lignées	10	12.27	ns
	Erreur	20	6.72	
H	Blocs	02	231.73	ns
	Lignées	10	216.97	ns
	Erreur	20	126.20	
NE	Blocs	02	65892.25	ns
	Lignées	10	20099.32	ns
	Erreur	20	26447.81	
PMG	Blocs	02	10.99	ns
	Lignées	10	183.20	**
	Erreur	20	50.50	
NGE	Blocs	02	12.00	ns
	Lignées	10	54.66	ns
	Erreur	20	25.39	
RDT	Blocs	02	233409.09	ns
	Lignées	10	1788742.4	*
	Erreur	20	728492.42	
BIO	Blocs	02	8610239.4	ns
	Lignées	10	100012272.7	ns
	Erreur	20	4901722.7	
PLL	Blocs	02	2679621.42	ns
	Lignées	10	3745969.7	ns
	Erreur	20	2143537.9	
HI%	Blocs	02	36.50	ns
	Lignées	10	55.88	ns
	Erreur	20	57.182	

CHI = Teneur en chlorophylle, TRE = Teneur relative en eau, BIO = Biomasse aérienne, NE = Nombre d'épis par plante, NGE = Nombre de grains par épi, RDT = Rendement grain par plante, PMG = Poids de mille grains, HI = Indice de récolte, H = Hauteur de la végétation, DE = précocité, SF= Surface foliaire, PLL= le rendement de la paille, PNE = poids des épis.

**Tableau 5 :** Valeurs moyennes des variables moroho-physiologiques et phénologique mesurées.

Lignées	TRE	CHL	TCV	DH	SF	H
HD26	82,12 ab	42,8 a	26,33 c	121,66 ab	13,9 abc	52,33 abc
HD39	75,95 b	46,06 a	26,4 c	112,33 d	17,66 a	64,16 ab
HD46	79,39 b	46,63 a	26,36 c	120 abc	11,31 c	51,16 abc
Plaisant	82,77 ab	47,63 a	28,46 a	124 a	12,74 bc	50,83 abc
HD2	98,92 a	45,1 a	27,5 abc	124 a	16,84 ab	47,83 bc
Express	84,14 ab	46,23 a	27,4 abc	117,66 bcd	14,72 abc	55,66 abc
HD1	69,24 b	45,3 a	26,5 c	120 abc	12,49 bc	57,33 abc
HD37	80,9 ab	48,43 a	28,06 ab	114,66 cd	13,49 abc	67,66 a
Tichedrett	84,34 ab	45,86 a	28,2 ab	114,66 cd	15,5 abc	67,66 a
El Fouara	86,28 ab	42,16 a	26,86 bc	124 a	13,44 abc	44,16 c
Saida	82,84 ab	42,13 a	28,26 ab	120 abc	11,94 c	67 a
Moyenne	<b>82,44</b>	<b>45,3</b>	<b>27,3</b>	<b>119,36</b>	<b>14</b>	<b>56,89</b>

**Tableau6 :** Valeurs moyennes des variables de rendement mesurées.

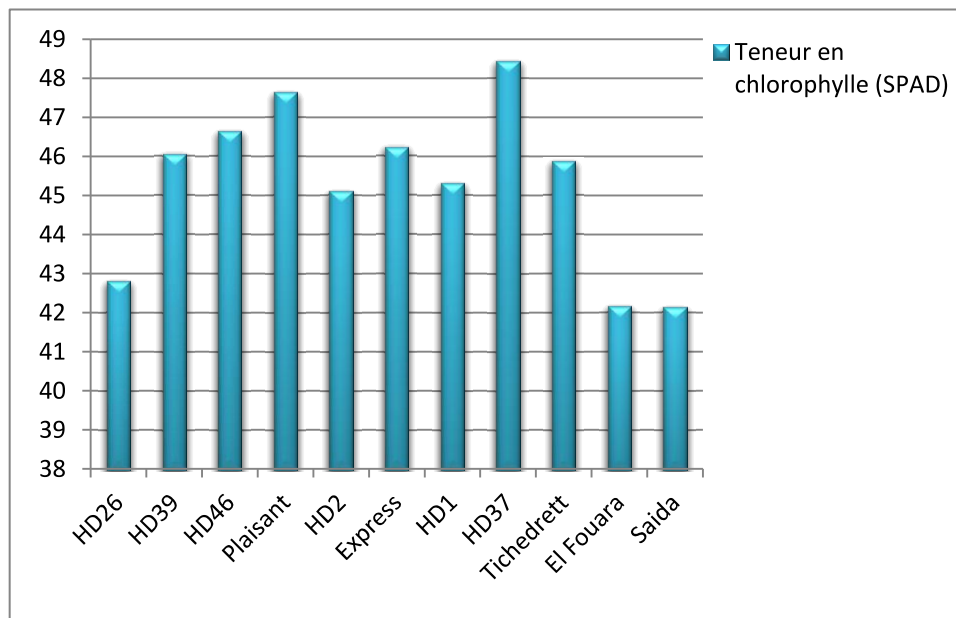
Lignées	PMG	NE	NGE	PLL	BIO	RDT	HI
HD26	55,60 ab	427,77 a	30,63 b	5266,6 a	8000 a	2733,3 a	34,29 ab
HD39	37,17 d	472,22 a	30,36 b	2833,3 ab	4900 abcd	2066,6 abc	42,14 a
HD46	36,21 b	422,22 a	31,43 b	3233,3 ab	5366,6 abcd	2133,3 abc	39,95 ab
Plaisant	47,45 bcd	494,44 a	38,7 ab	2966,6 ab	4283,3 bcd	1316 ,6 bcd	30,13 ab
HD2	34,75 bcd	561,11 a	31,4 b	1650 b	2150 d	500 d	23,25 b
Express	49,35 bc	400 a	35,06 b	4833 ,3 a	7650 a	2816,6 a	35,18 ab
HD1	42,44 cd	605,55 a	31,9 b	1633,3 b	2466,6 cd	833,3 cd	34,08 ab
HD37	41,61 cd	577,77 a	36,96 ab	3516,6 ab	5800 abc	228 3,3 abc	42,44 a
Tichedrett	47,71 bcd	466,66 a	33,83 b	3400 ab	5516,6 abcd	2116,6 abc	39,35 ab
El Fouara	39,28 cd	600 a	44,1 a	3666,6 ab	5983,3 abc	2316,6 ab	37,86 ab
Saida	61,74 a	383,33 a	37,36 ab	3816,6 ab	6500 ab	2683,3 ab	40,93 ab
Moyenne	<b>45,66</b>	<b>491,91</b>	<b>34,7</b>	<b>3346 ,9</b>	<b>5328,7</b>	<b>1981,8</b>	<b>37,28</b>

CHI = Teneur en chlorophylle, TRE = Teneur relative en eau, BIO = Biomasse aérienne, NE = Nombre d'épis par plante, NGE = Nombre de grains par épi, RDT = Rendement grain par plante, PMG = Poids de mille grains, HI = Indice de récolte, H = Hauteur de la végétation, DE = précocité, SF= Surface foliaire, PLL= le rendement de la paille, PNE = poids des épis.

## 2.2. Le contenu en chlorophylle

L'analyse de la chlorophylle ne montre pas des différences en quantité entre les variétés (un seul groupe homogène). Saida a la teneur la plus faible avec 42,13 unités SPAD alors que la variété HD37 enregistre la teneur supérieure avec 48,43 unités SPAD, (Tableau 5). La moyenne générale est de 45,30 unités SPAD.

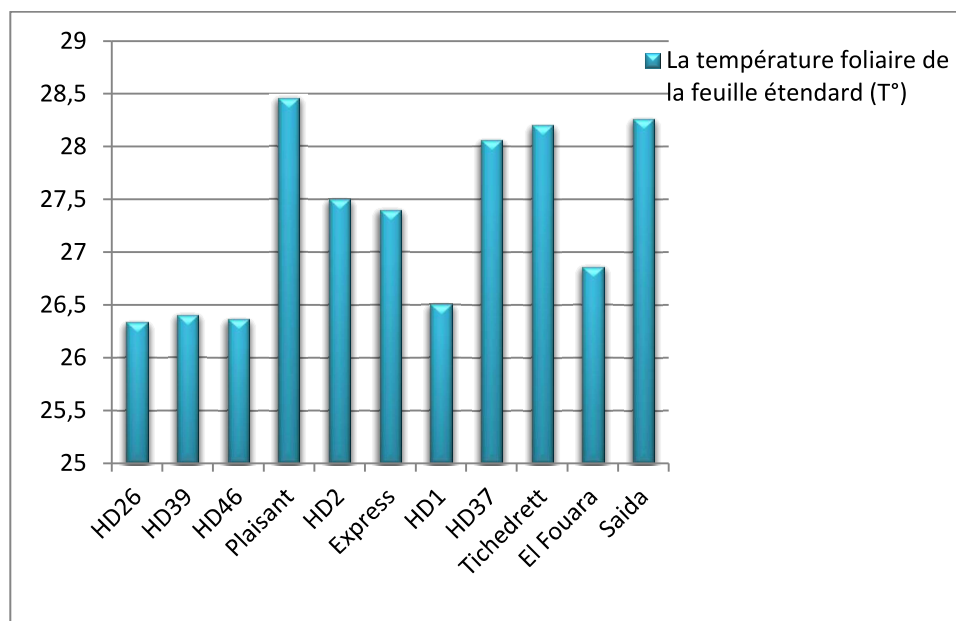
En termes de sélection, la recherche d'un contenu en chlorophylle élevé est désirable. Dans ce contexte, le teste de comparaison de moyennes indique l'existence de lignées qui présentent un contenu en chlorophylle plus élevé que celle de la variété témoin Tichedrett (Figure 11). La lignée HD37 est concernée.



**Figure11:** les valeurs moyennes de la teneur en chlorophylle.

## 2.3. La température de la canopée :

L'analyse de la variance des valeurs prises par la température de la canopée indique un effet génotype significatif (Tableau 4). La température du feuillage varie entre 26,33c° pour HD26 et 23,49 c° pour Plaisant avec une moyenne de 27,3 c°. La comparaison des moyennes de températures des feuilles met en évidence trois groupes homogènes.

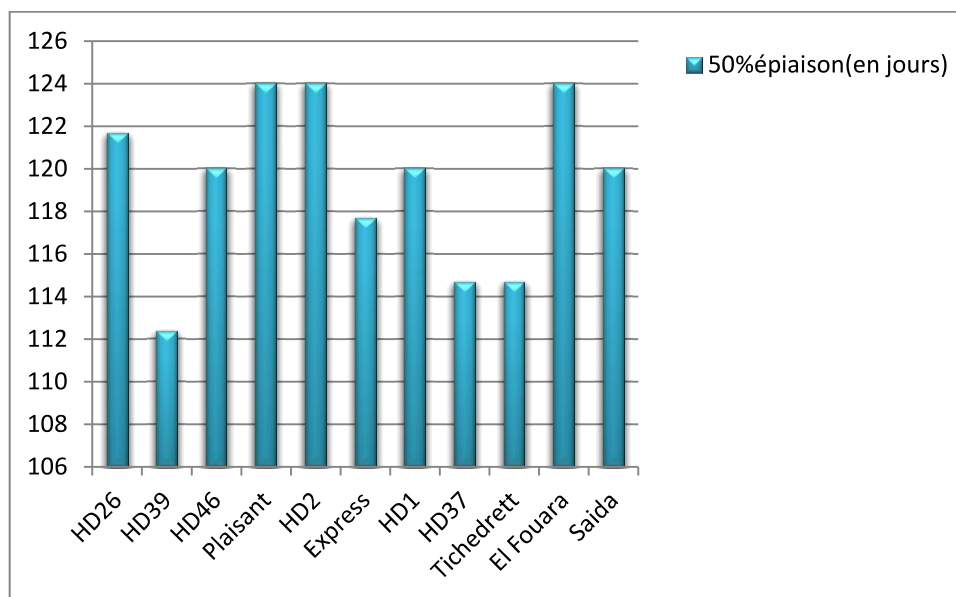


**Figure 12 :** Moyennes de la température foliaire de la feuille étendard.

Feng *et al.* (2004) mentionnent que les génotypes dont la température de la canopée est plus basse présentent une activité photosynthétique, un taux de transpiration et une conductance stomatique plus élevée que les génotypes dont la température de la canopée est plus élevée. Ces résultats suggèrent la sélection des génotypes qui montrent une faible température de la canopée, pour peu que leur rendement ne soit pas trop bas. Dans ce sens les lignées, HD26, HD39 et HD46 sont concernées.

#### 2.4. Précocité d'épiaison

L'analyse de la variance de la précocité d'épiaison révèle des différences significatives entre les variétés. (Tableau 4). La date d'épiaison varie de 112 jours pour la variété HD 39 qui est la plus précoce, à 124 jours pour les variétés El Fouara, Plaisant et HD2. La moyenne est de 119,363 jours. Quatre groupes sont apparus lors de la comparaison des moyennes. (Tableau 5, Figure 13).

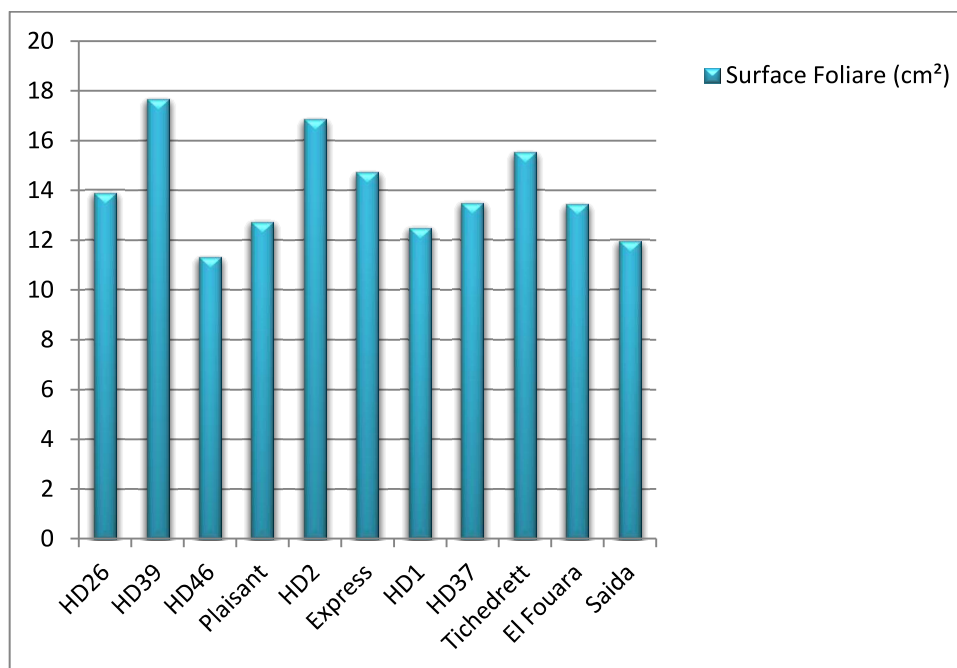


**Figure13** : Chronologie de l'épiaison.

Selon Bensemmane *et al.*, (2011), pour améliorer l'adaptation il est avantageux de privilégier la sélection de la précocité. Dans la mesure où le sens de la sélection est vers une réduction de la phase végétative, Les lignées HD39, HD37 apportent une amélioration pour les ce caractères dans le sens désirable de la sélection de l'orge pour les hautes plaines orientales.

## 2.5. La surface foliaire :

L'analyse de la variance de la surface foliaire n'indique pas un effet lignées significatif (Tableau 4). La lignée HD39 à la plus grande feuille drapeau, avec une surface de 17,66 cm<sup>2</sup> tandis que la lignée HD46 a enregistré la plus petite surface avec 11,31 cm<sup>2</sup> autour d'une moyenne générale de 14 cm<sup>2</sup>. Trois groupes sont apparus lors de la comparaison des moyennes (Tableau 5, Figure 14).



**Figure14 :** Valeurs moyennes de la surface foliaire.

La surface foliaire élevée perdra plus d'eau qu'une faible surface foliaire (Belkherchouche *et al.* 2008). En milieux variables, la diminution de la surface foliaire peut avoir des effets bénéfiques en réduisant de la surface évaporante et soumise à la radiation solaire. Dans ce sens et en termes de sélection, la lignée HD46 est concernée.

## 2.6. La hauteur de végétation :

L'analyse de la variance de la hauteur de végétation n'indique pas un effet lignées significatif (Tableau 4). La moyenne générale de la hauteur est 56,89 cm. La variété la plus haute, est obtenue par la variété HD 37(67,66cm) et la plus faible hauteur est obtenue par El Fouara (44,16cm). (Tableau 5, Figure 15). Le test de comparaison des moyennes montre que les variétés sont répartir en 3 groupes homogènes.

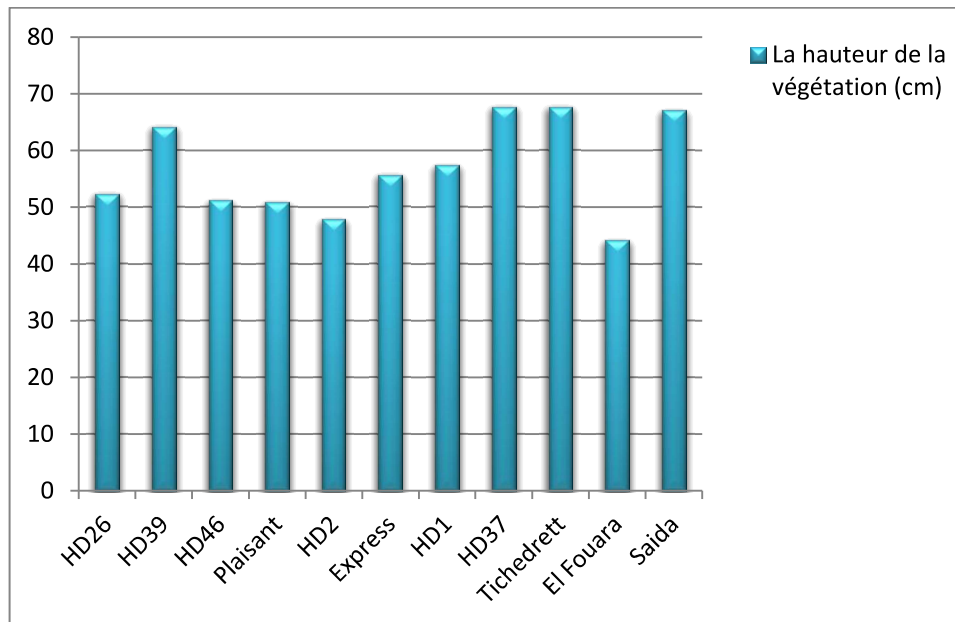


Figure15 : Valeurs de la hauteur des variétés d'orge.

## 2.7. Le poids de 1000-grains (PMG):

L'analyse de la variance du PMG indique un effet lignées hautement significatif (Tableau 4). En effet les valeurs moyennes du poids de 1000 grains varient de 36,21 g pour la lignée HD46 à 61,74 g pour la lignée Témoins Saïda, La moyenne générale de la population de lignées est de 45,66g. (Tableau 6, Figure 16).

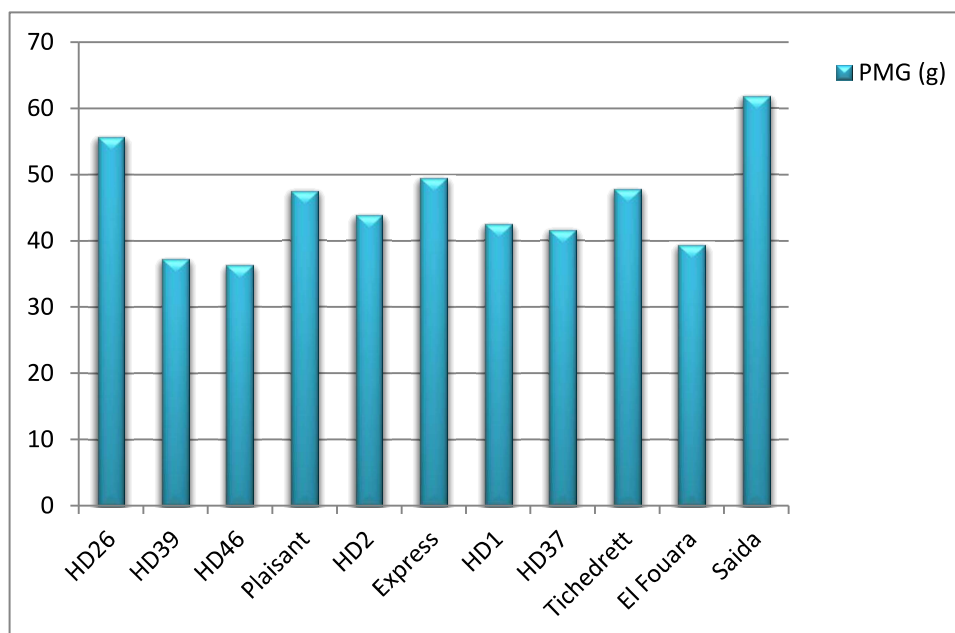


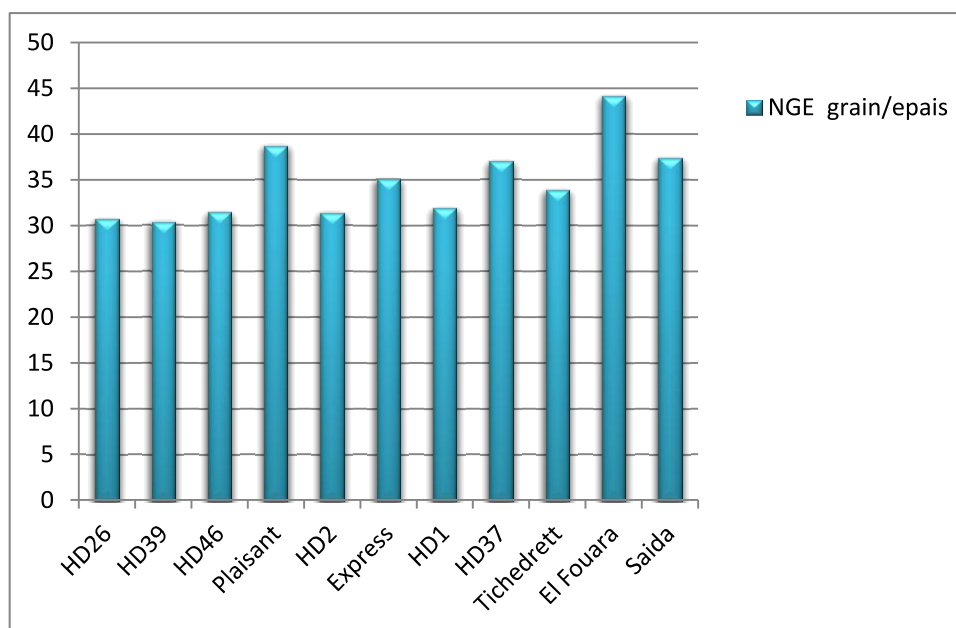
Figure16 : Valeurs moyennes du poids de 1000-grains (PMG).



Un grand nombre de lignées doubles haploïdes présentent un poids de 1000 grains plus faible que les parents et les témoins (Figure16).

### 2.8 .Le nombre de grains par épi (NGE) :

L'analyse de la variance 'indique une différence significative entre les génotypes pour le nombre de grains par épi. La fertilité d'El Fouara est de 41,1 grains/épi. HD39 est le moins fertile de tous les génotypes avec 30,36 grains/épi la moyenne générale de la population de lignées est de 34,7 grains/épi (Tableau 6, Figure17).

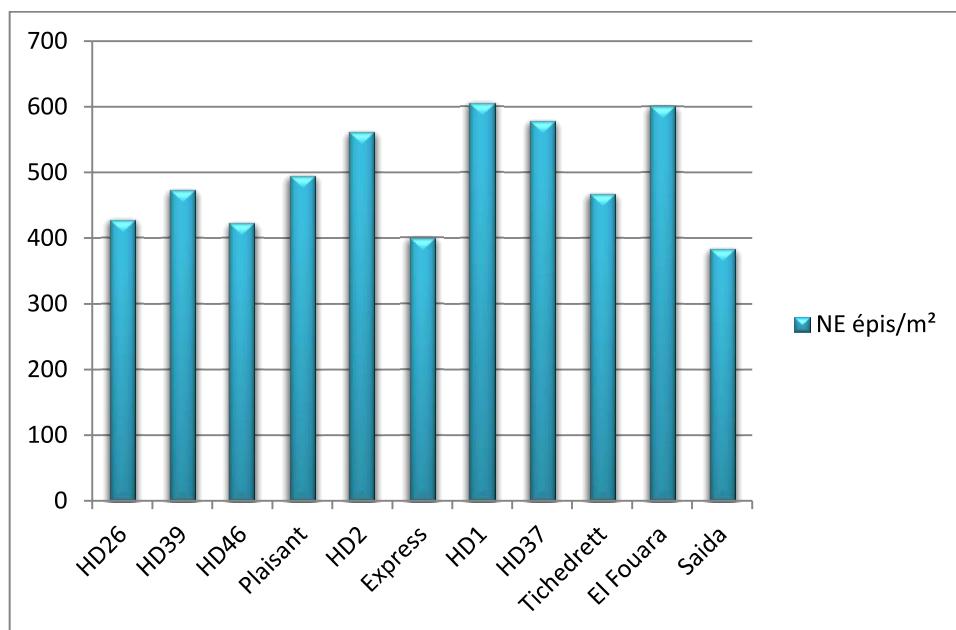


**Figure17** : Valeurs moyennes du nombre de grains par épi (NGE).

Un grand nombre de lignées doubles haploïdes présentent un nombre de grains par épi plus faible que les parents et les témoins. la lignée HD37 présente un nombre de grains par épi comparable au Témoins.

### 2.9. Le nombre d'épi (NE) :

Le nombre moyen d'épis par m<sup>2</sup> est de 491,91 épis/m<sup>2</sup>. Saïda produit moins d'épis (383,33 épis/m<sup>2</sup>), tandis que, HD1 a le meilleur peuplement épis avec; 605,55 épis/m<sup>2</sup>. (tableau6, Figure18).

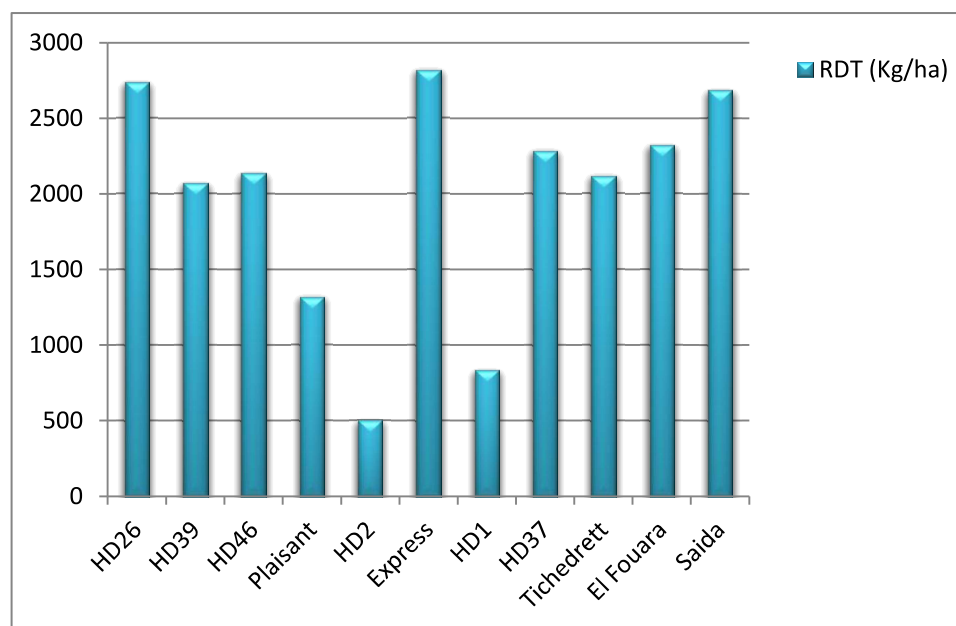


**Figure18 :** Valeurs moyenne du Nombre d'épis/m<sup>2</sup>.

Les lignées doubles haploïdes HD1 et HD37 présentent un nombre d'épis par m<sup>2</sup> plus élevé que les parents et les témoins.

#### 2.10. Le rendement grains (RDT) :

L'analyse de la variance du rendement grains indique un effet lignées significatif. Les valeurs moyennes du rendement grain varient de 500 Kg/ha pour la lignée HD2 à 2816,6 Kg/ha pour la lignée Express, La moyenne générale de la population de lignées est de 1981,8 Kg/ha (Tableau 6, Figure19).



**Figure19 :** Valeurs moyennes rendement grains (RDT).

Un grand nombre de lignées doubles haploïdes présentent un rendement grain plus faible que les parents et les témoins. les lignées HD26 et HD37 présentent un rendement grain comparable aux parents.

### 2.11. La biomasse aérienne (BIO) :

La moyenne générale est de 5388,7 Kg/ha, HD 26 arrive à produire la biomasse la plus élevée 8000 Kg/ha, alors que HD2 avec 2150 Kg/ha enregistre la plus faible biomasse. (Tableau 6, Figure20)

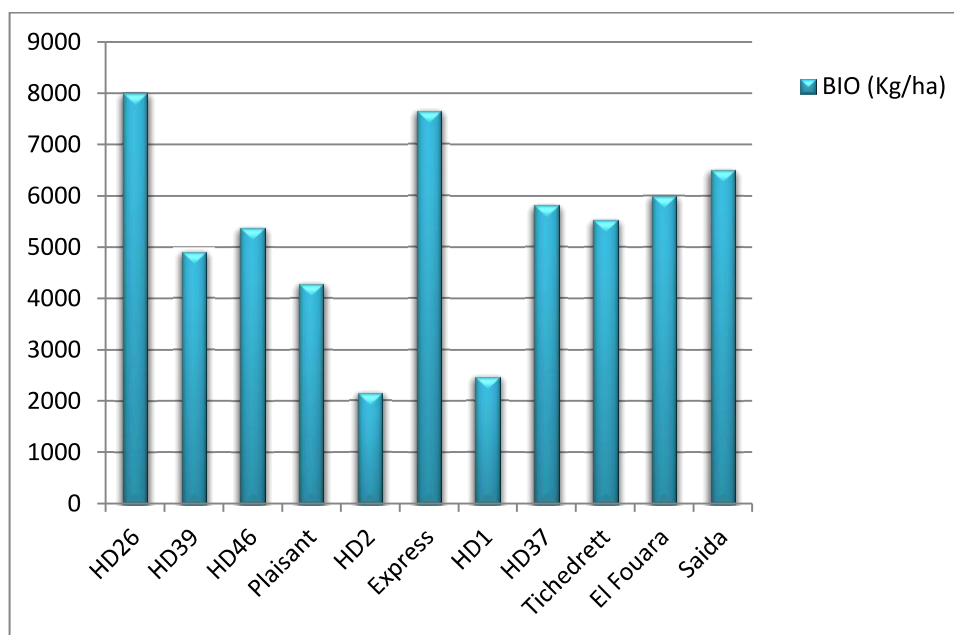


Figure20 : Valeurs moyennes de la biomasse aérienne (BIO).

### 2.11. Le rendement paille (PLL) :

Le rendement paille n'est pas significativement différent d'une variété à une autre. On note que HD26 a enregistré le plus de rendement, soit 5266,6 (Kg/ha) alors que HD1 a le plus faible rendement en paille 1633,3 (Kg/ha). (Tableau 6, Figure21)

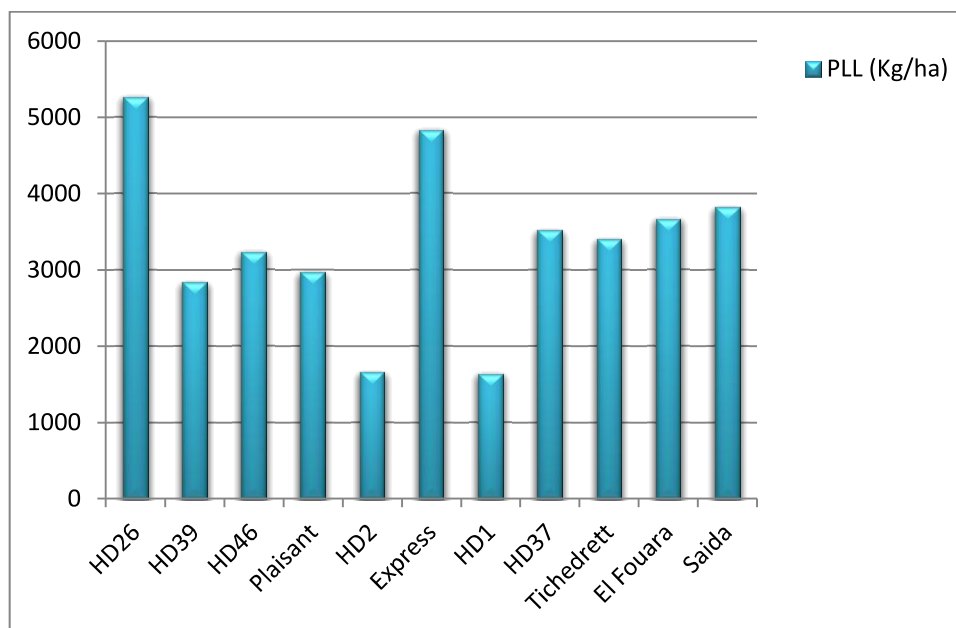


Figure21 : Valeurs moyennes du rendement paille (PLL).

### 2.12. L'indice de récolte (HI)

L'analyse de variance n'a pas révélé de différences significatives entre les variétés pour l'indice de récolte. La moyenne générale est de 37,28% allant de 23,25% pour la lignée HD2 à 42,14% et 42,44% pour les lignées HD39 et HD37 respectivement. Le test de comparaison des moyennes montre 4 groupes homogènes (Tableau6, Figure22)

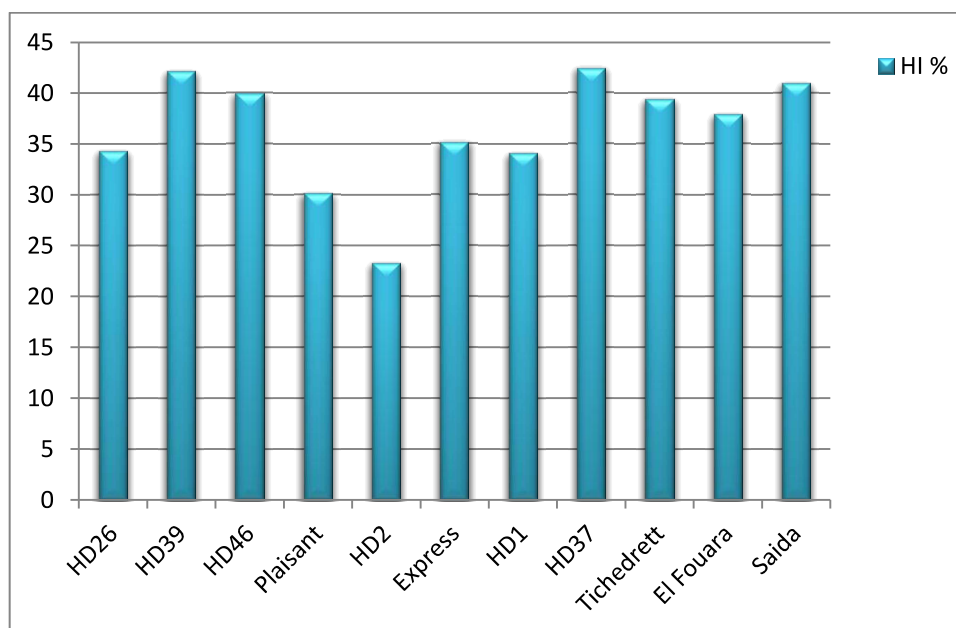


Figure22 : Valeurs moyennes de l'indice de récolte (HI).

### 3. Liaisons inter caractères :

#### 3.1. Les coefficients de corrélations:

**Tableau7 :** Coefficients de corrélation entre les différentes variables mesurées (0,5 significatif ; 0,1\* hautement significatif; 0,001\*\* très hautement significatif).

	TRE	DE	H	CHI	SF	NE	NGE	PMG	TCV	RDT	BIO	PLL
TRE												
DE	0,10											
H	0,14	-0,50*										
CHI	-0,49*	-0,03	-0,08									
SF	0,14	-0,33	0,26	-0,02								
NE	-0,03	0,09	0,09	0,09	-0,02							
NGE	0,34	0,19	0,21	-0,02	-0,02	0,18						
PMG	0,15	0,10	0,29	-0,17	-0,14	0,01	0,14					
TCV	0,24	0,06	0,22	0,16	0,03	0,04	0,33	0,23				
RDT	0,56*	0,2	0,20	-0,01	0,19	0,02	0,30	0,37	0,01			
BIO	0,32	0,24	-0,10	0,06	0,16	0,25	0,01	0,06	-0,02	0,66**		
PLL	0,34	0,32	0,12	-0,11	0,10	0,17	0,06	0,26	0,08	0,58**	0,80**	
HI	0,24	-0,43	0,18	0,11	0,20	-0,11	0,20	0,11	-0,07	0,50**	-0,09	-0,38

CHI = Teneur en chlorophylle, TRE = Teneur relative en eau, BIO = Biomasse aérienne, NE = Nombre d'épis par plante, NGE = Nombre de grains par épi, RDT = Rendement grain par plante, PMG = Poids de mille grains, HI = Indice de récolte, H = Hauteur de la végétation, DE = précocité, SF= Surface foliaire, PLL= le rendement de la paille, PNE = poids des épis.

#### 3.2. Rendement grain et précocité :

la précocité est une importante caractéristique qui permet de positionner le cycle de la variété vis-à-vis des stress abiotiques, notamment le gel printanier, le déficit hydrique et les hautes températures qui ont lieu en pré et post épiaison selon Mekhlouf *et al.*, (2006). Ainsi une liaison positive entre le degré de précocité au stade épiaison et le rendement grain est souvent notée chez l'orge (Mezani *et al.* 2011). Haddad (2010) montre que les génotypes tardifs valorisent moins la matière sèche totale accumulée au stade épiaison sous forme de grains.

Dans notre cas, le rendement grain est en relation négative au nombre de jours d'épiaison et évidemment pour tous les génotypes ( $r=-0,2$ ).

Dans un travail qui comportait le même groupe de variétés (Benkhene et Sebbai, 2013) ont trouvé la même relation ( $R=-0.282$ ).

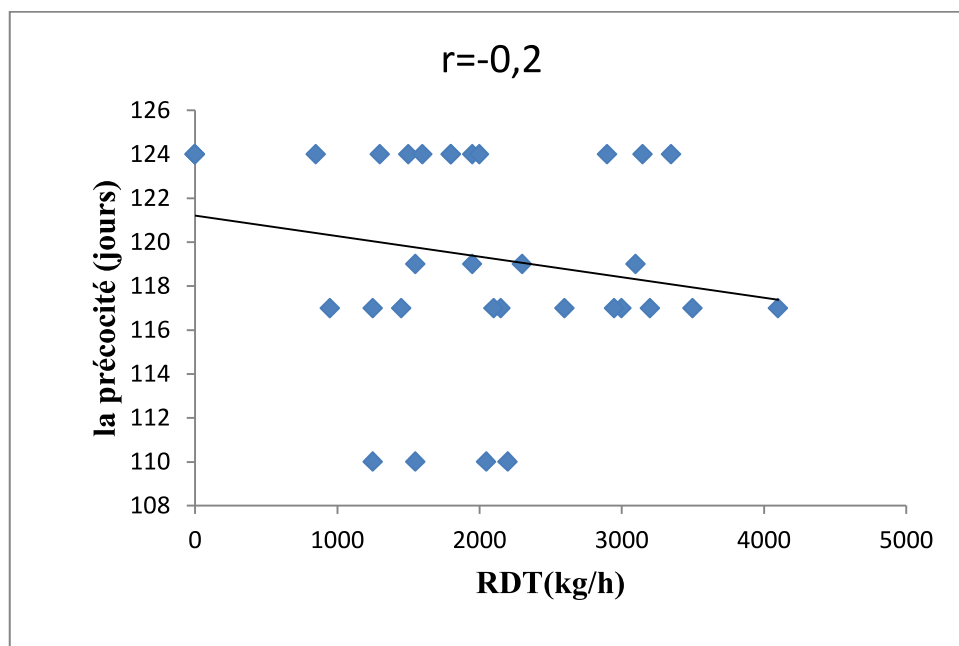


Figure23 : Relation entre précocité et rendement grain.

### 3.3. Relations entre le rendement et ses composantes :

#### 3.3.1. Biomasse aérienne :

La biomasse aérienne accumulée au stade épiaison peut-être utilisée comme un indicateur de la capacité différentielle des génotypes à faire une bonne utilisation des facteurs du milieu au cours de la période de la pré-anthèse. Les génotypes qui accumulent rapidement une biomasse élevée au stade épiaison souffrent moins des effets des stress de la post-anthèse qui sont plus fréquents (Mazouz. 2006).

La biomasse aérienne accumulée au stade épiaison est la résultante de la contribution de plusieurs caractères comme la hauteur du chaume, la durée de la phase végétative, la vitesse de croissance végétative et le nombre de grains produits par unité de surface de sol (Mazouz.2006).

Dans notre étude, la production de biomasse aérienne n'est pas corrélée avec la hauteur ( $r = -0,1$ ) mais elle est très hautement corrélée avec le rendement ( $r = 0,6$ ) et le poids de la paille ( $r = 0,8$ ).

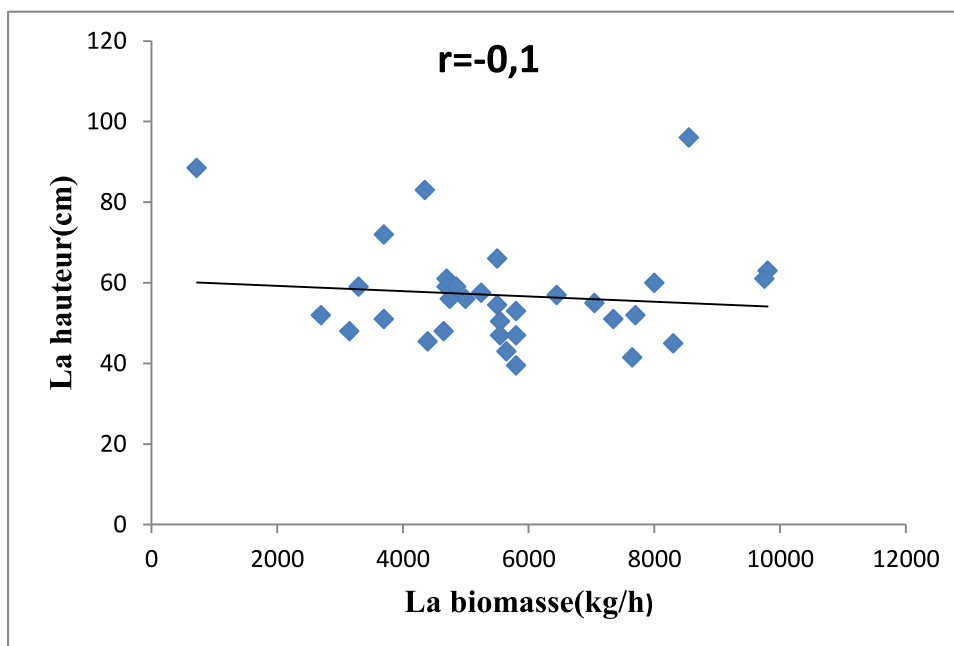


Figure24 : Relation entre la biomasse et la hauteur.

### 3.3.2. Hauteur :

Hanson *et al.*(1985) font remarquer que l'augmentation de la biomasse aérienne au stade épiaison peut venir d'une haute paille, comme c'est le cas des variétés anciennes. La hauteur associée à une meilleure répartition de la matière sèche produite conduit le plus souvent à l'amélioration du nombre de grains produits/m<sup>2</sup> et du rendement.

Dans notre cas, la hauteur est hautement significative avec la précocité ( $r = -0,5$ ) alors que elle n'est pas significativement corrélée au rendement mais la relation entre eux est de type positive ( $r = 0,2$ ), de même pour le PMG ( $r = 0,29$ ), et la surface foliaire ( $r = 0,26$ ).

Comparativement a un travail similaire (Benkhene et Sebbai, 2013) la hauteur est positivement corrélée au rendement ( $r = 0,591$ ) au PMG( $r = 0,352$ ) et corrélée négativement avec la précocité ( $r = -0,449$ )

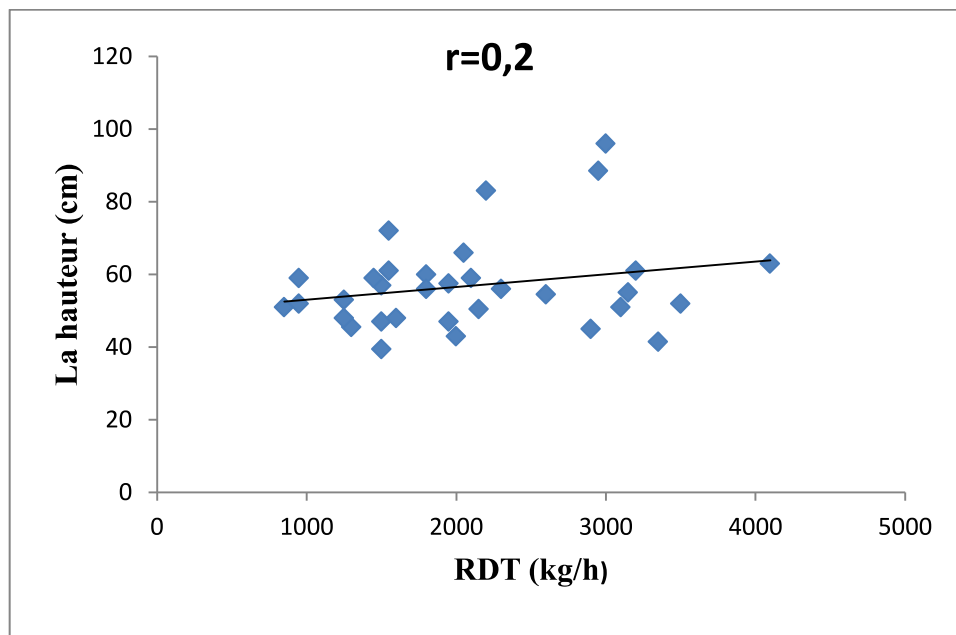


Figure25 : Relation entre la hauteur et le rendement.

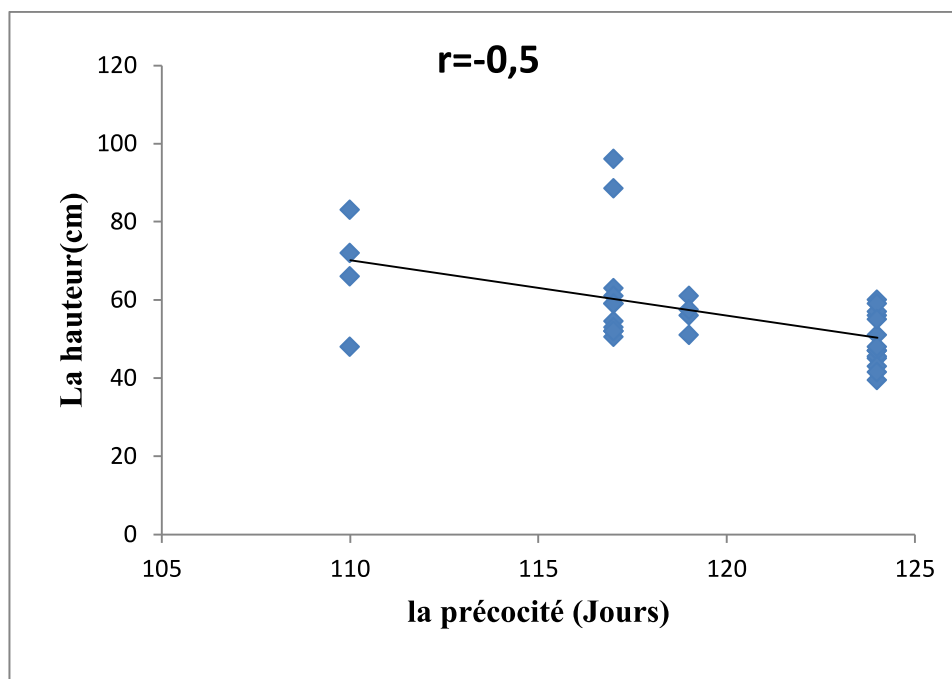


Figure 26: Relation entre la hauteur et la précocité.

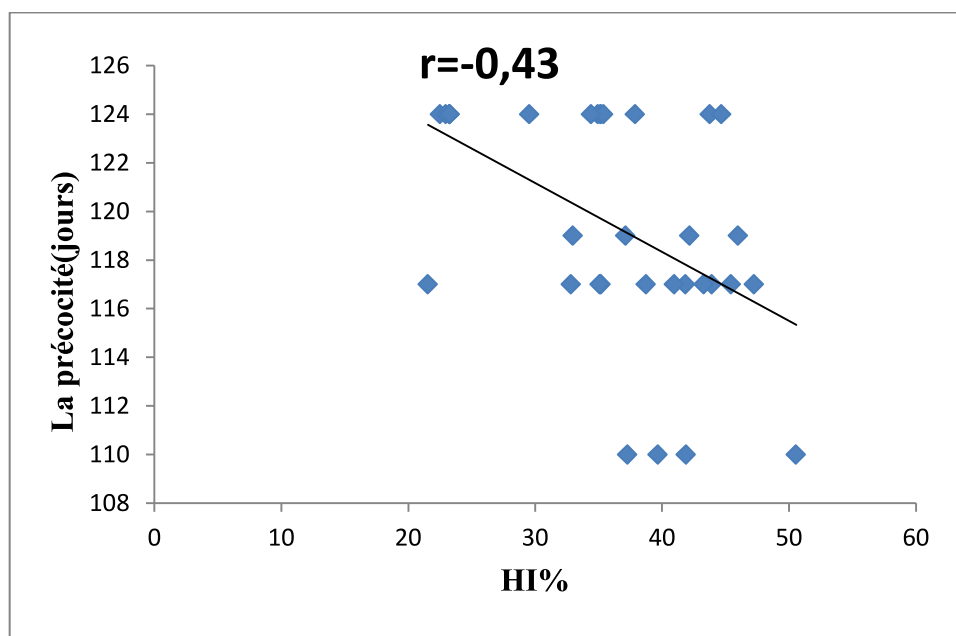
### 3.3.3. L'indice de récolte

Le rendement grain peut être exprimé comme étant le résultat de trois processus physiologiques : les radiations interceptées par les organes photosynthétiques, la conversion des radiations interceptées en matière sèche et la répartition de cette matière



sèche sous forme d'un indice de récolte (Hay et Walker, 1989). Le premier processus est lié à la surface photosynthétique et par conséquent à l'indice foliaire ; le second est lié à l'efficacité photosynthétique. La biomasse totale est le résultat de ces deux processus. L'indice cultural est le ratio entre le rendement grain et la biomasse aérienne (Donalds *et al.*, 1976), son amélioration peut être atteinte à travers une amélioration du poids du grain et/ou du nombre de grains/épi (Passioura, 1977).

L'indice de récolte est très hautement significatif avec le rendement grain ( $r=0.5$ ), et il est négativement corrélé à la précocité ( $r=-0,43$ ), au rendement de la paille ( $r=-0,38$ ) et à la surface foliaire ( $r=-0,2$ ) pour tout le lot de variétés expérimentées (Figure 27).



**Figure 27 :** Relation entre l'indice de récolte et la précocité.

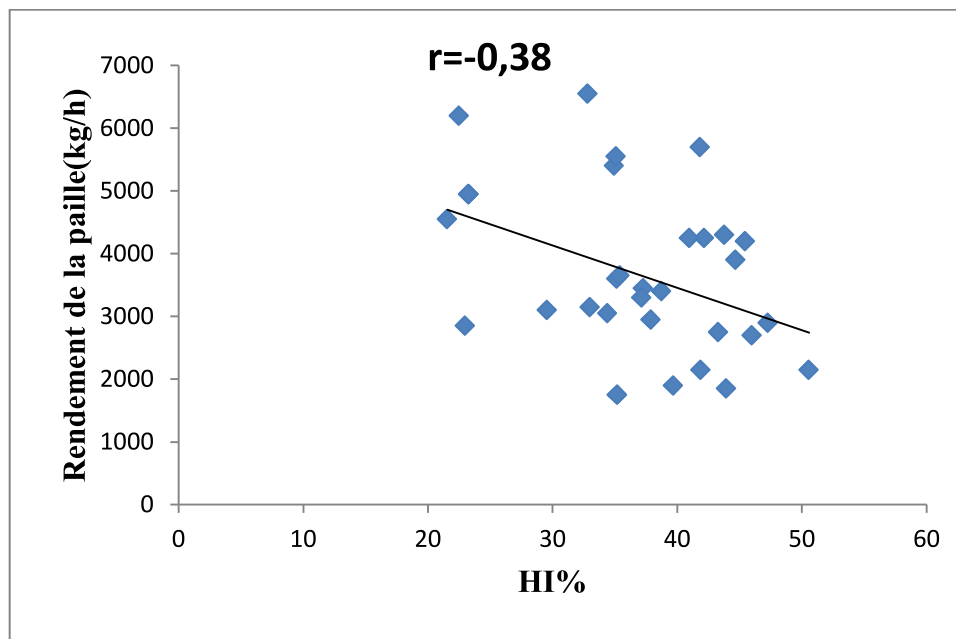


Figure28 : Relation entre l'indice de récolte et la paille.

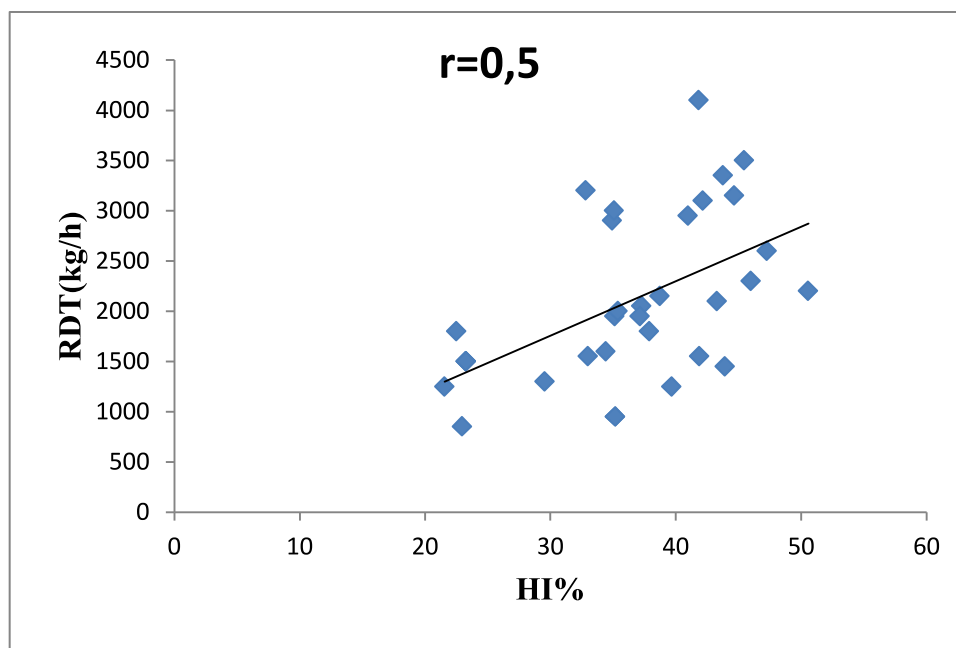


Figure 29: Relation entre l'indice de récolte et le rendement.

### 3.4. Relations entre le rendement et les paramètres du feuillage :

#### 3.4.1. Surface foliaire :

Pour réduire leurs besoins hydriques en conditions de déficit hydrique, certaines variétés diminuent la surface du limbe (Darera *et al.*, 1969). Pour Adjab (2002),

l'augmentation de la surface foliaire du blé soumis à un stress modéré où sévère pourrait être un caractère d'adaptation.

Dans notre étude la surface foliaire n'a pas enregistré des corrélations significatives avec l'ensemble des paramètres testés. Des relations négatives ont été enregistrées entre la surface foliaire de la feuille drapeau et l'indice de récolte ( $r = -0.2$ ) et entre la surface foliaire et le PMG ( $r = -0.19$ ); Alors qu'elles sont positives entre la surface foliaire et la hauteur ( $r = 0.11$ ) et entre la surface foliaire et le nombre d'épis /m<sup>2</sup> ( $r = 0.09$ ).

Les mêmes relations ont été trouvées chez (Benkhene et Sebbai, 2013)

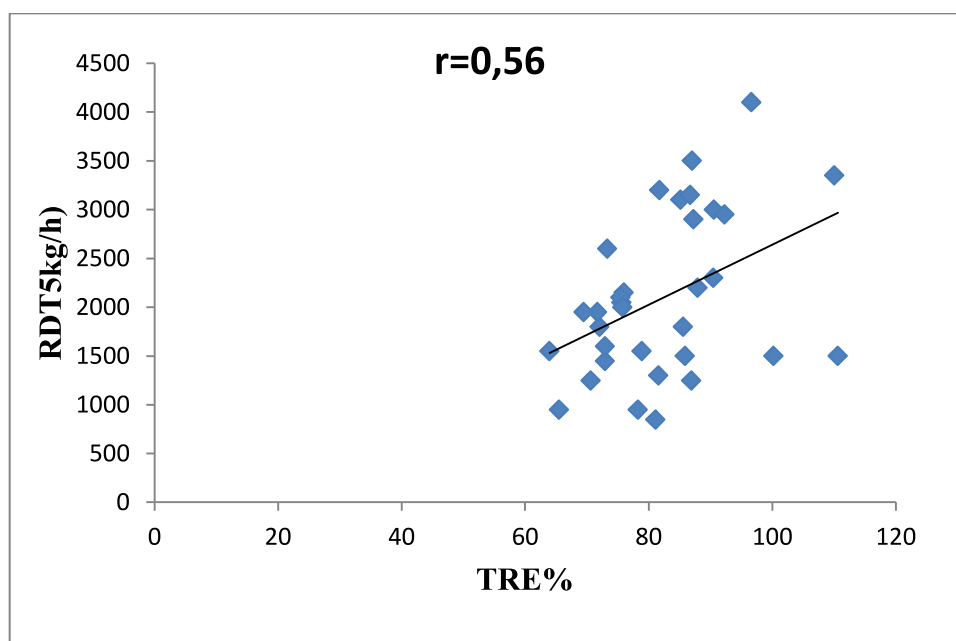
### **3.4.2. Teneur relative en eau**

La teneur relative en eau ou turgescence foliaire est une caractéristique génotypique qui est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'eau dans la feuille qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique dont, entre autre, la photosynthèse. Cette capacité est liée aux possibilités de la plante à s'alimenter, de manière constante en eau (système racinaire), au contrôle des pertes d'eau par les surfaces évaporantes (nombre et diamètre des stomates, résistance stomatique à la sortie de la vapeur d'eau) et à l'ajustement osmotique (Araus *et al.*, 1991).

Lorsque la teneur relative en eau diminue en fonction des génotypes, le rendement est revu à la baisse. Ceci rejoint la théorie qui dit que les génotypes ayant une forte teneur en eau relative produisent plus (Boukecha, 2001). Les dimensions de la feuille interviennent dans le maintien d'une teneur en eau conséquente. Les feuilles aux larges dimensions sont moins turgescents que les feuilles aux dimensions plus réduites (Bouzerzour *et al.*, 1998), les génotypes présentant une turgescence élevée perdent plus d'eau par unité de temps comparativement à ceux qui sont moins turgides (Harrath, 2003).

Les résultats de notre étude montre une corrélation hautement significative entre la TRE et le rendement ( $r = 0.56$ ) et des relations positive entre la TRE et NGE ( $r = 0,34$ ), la TRE et la biomasse ( $r = 0,32$ ), et la TRE et la paille ( $r = 0,34$ ).

Benkhene et Sebbai, (2013) montre une relation positive entre la TRE et la surface foliaire ( $r = 0.425$ ), la TRE et le rendement ( $r = 0.303$ ) et la TRE et NGE ( $r = 0.266$ ), et une relation négative entre la TRE et la précocité ( $r = -0.431$ ).



**Figure30:** Relation entre TRE et le rendement.

Les lignées qui ont fait l'objet de sélection au moins une fois et sur la base des caractères mesurés sont au nombre de 6. Elles sont indiquées au tableau 8, ainsi que les caractères utilisés pour les identifier et le sens de la sélection. Les treize caractères mesurés ont été utilisés en sélection, suite à leur intérêt en termes de productivité et/ou d'adaptation au milieu (Tableau 8).

Ainsi certaines lignées ont fait l'objet d'une seule sélection, et c'est le cas des lignées HD2, HD1, qui ont été sélectionnées, respectivement, sur TRE et nombre d'épis. D'autres lignées ont fait l'objet de deux sélections sur la base de deux caractères indépendants, tel est le cas des lignées HD26, HD39, HD46. La lignée HD37 a été sélectionnée sur la base de 6 caractères. Elle regroupe les meilleures caractéristiques pour l'adaptation et la productivité (Tableau 9).

Comparativement aux témoins et aux parents, cette lignée mérite d'être retenue en sélection pour des études ultérieures.

**Tableau 8 :** Lignées sélectionnées sur la base d'un seul caractère parmi les variables mesurées et sur la base de la prédiction de la régression progressive.

Critère de sélection	sens de la sélection	
	↗	↘
TRE	HD2, HD37	
CHL	HD37	
TCV		HD26, HD39, HD46
DH		HD39
SF		HD46
NE	HD1, HD37	
NGE	HD37	
RDT	HD26, HD37	

TRE = Teneur relative en eau, CHL= Teneur en chlorophylle, DH= Durée de la phase végétative, NE = Nombre d'épi par plant, SF= Surface foliaire de la feuille étandard, NGE = Nombre de grain par épi, PMG = Poids de mille grain, RDT = Rendement totale, TCV = température foliaire.

**Tableau9 :** Liste des lignées sélectionnées, nombre de fois elles ont été sélectionnées, et liste des caractères sur la base desquels elles ont été sélectionnées.

lignée	Nombre de sélections	Critère de sélection
HD37	6	CHL,NGE,RDT,TRE,DH
HD26	2	TCV,RDT
HD39	2	DH,TCV
HD46	2	TCV,SF
HD2	1	TRE
HD1	1	NE

TRE = Teneur relative en eau, CHL= Teneur en chlorophylle, DH= Durée de la phase végétative, NE = Nombre d'épi par plant, SF= Surface foliaire de la feuille étandard, NGE = Nombre de grain par épi, PMG = Poids de mille grain, RDT = Rendement totale, TCV = température foliaire.

---

## LA LISTE DES FIGURES

---

<b>Figure 1 :</b> Distribution de l'orge sauvage ( <i>Hordeum spontaneum</i> ) selon Harlan et Zohary (1966) modifiée par Harlan (1975).....	5
<b>Figure 2 :</b> Vue ventrale et dorsale du grain d'orge.....	9
<b>Figure 3 :</b> Description morphologique d'orge.....	11
<b>Figure 4:</b> Inflorescence d'orge ( <i>Hordeum vulgare</i> L.).....	12
<b>Figure 5:</b> Stades de végétation de l'orge.....	14
<b>Figure 6:</b> La méthode de sélection pedigree.....	23
<b>Figure 7:</b> Mise en culture des anthères (photos Laboratoire INRAA)...	26
<b>Figure 8 :</b> Site de l'INRAA de Sétif.....	27
<b>Figure 9:</b> Pluviométrie et températures moyennes mensuelles des trois dernières campagnes du site de l'INRAA de Sétif.....	33
<b>Figure 10 :</b> Les valeurs moyennes de la (TRE).....	34
<b>Figure11:</b> Les valeurs moyennes de la teneur en chlorophylle.....	37
<b>Figure 12 :</b> Moyennes de la température foliaire de la feuille étendard...	38
<b>Figure13 :</b> Chronologie de l'épiaison.....	39
<b>Figure14 :</b> Valeurs moyennes de la surface foliaire.....	40
<b>Figure15 :</b> Valeurs de la hauteur des variétés d'orge.....	41
<b>Figure16 :</b> Valeurs moyennes du poids de 1000-grains (PMG).....	41
<b>Figure17 :</b> Valeurs moyennes du nombre de grains par épi (NGE).....	42
<b>Figure18 :</b> Valeurs moyenne du Nombre d'épis/m <sup>2</sup> (NE).....	43
<b>Figure19 :</b> Valeurs moyennes rendement grains (RDT).....	43
<b>Figure20 :</b> Valeurs moyennes de la biomasse aérienne (BIO).....	44
<b>Figure21 :</b> Valeurs moyennes du rendement paille (PLL).....	45
<b>Figure22 :</b> Valeurs moyennes de l'indice de récolte (HI).....	45
<b>Figure2 3 :</b> Relation entre précocité et rendement grain.....	47
<b>Figure24 :</b> Relation entre la biomasse et la hauteur.....	48

<b>Figure25</b> : Relation entre la hauteur et le rendement.....	49
<b>Figure 26:</b> Relation entre la hauteur et la précocité.....	49
<b>Figure27</b> : Relation entre l'indice de récolte et la précocité.....	50
<b>Figure28</b> : Relation entre l'indice de récolte et la paille.....	50
<b>Figure 29:</b> Relation entre l'indice de récolte et le rendement.....	51
<b>Figure30:</b> Relation entre TRE et le rendement.....	53

---

### *Liste des abréviations*

---

- ANOVA : analyse de la variance.
- BIO : Biomasse aérienne accumulée à maturité (Kg/ha).
- CME : Carré moyen des écarts.
- Ddl : Degré de liberté.
- INRAA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.
- HD : Doubles haploïdes.
- HI : Indice de récolte (%).
- L : Longueur moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>).
- l : Largeur moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>).
- NGE : Nombre de grains par épi.
- NE : Nombre d'épis.
- PF : Poids de la matière fraîche.
- PLL: Rendement paille (kg/ha).
- PS : Poids de la matière sèche foliaire (mg).
- PT : Poids de la matière turgide foliaire (mg).
- PMG : Poids de 1000 grains.
- RDT : Rendement grain (kg/ha).
- SF : Surface moyenne de la feuille étendard (cm<sup>2</sup>).
- TRE : Teneur relative en eau.
- Df : Degré de liberté degree of freedom.
- SS :Sum of squares.
- MS : Mean square.



## Références

**Abbas K., T. Madani, M.M'hamed-Bouzina.** 2008. Evaluation of a regenerated naturel meadow in a semi-arid area of Algeria. *Options Méditerranéennes, série A*, p79 ( 179-185).

**Abbassenne F., H. Bouzerzour, L. Hachemi.** 1997. Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zones semi-aride. *Annales Agronomie INA*.p 18 (24 -36)

**Åberg E., 1938** .*Hordeum agriocrithon* nova sp., a wild six-rowed barley. *Ann. Agr. Coll. Sweden*. p6 (159–216).

**Åberg E., 1940.** The taxonomy and phylogeny of *Hordeum* L. sect. *Cerealia* Ands. With special reference to Tibetan barleys. *Symbol Bot. Upsal*. p4 (1–156).

**Adjab M., 2002.** Recherche des traits morphologiques, physiologiques et biochimiques d'adaptation au stress hydrique chez différents génotypes de blé dur (*Triticum durum desf*). Thèse de Magister ,faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba. p84.

**Alphonse De Candolle, 1883** . *Origine des plantes cultivées*. Éd 1. Paris, Germer, Baillièrre, Reprint J. Laffitte. p379 .

**Anderson P.M., E.A. Oelke, S.R. Simmons.** 1985. *Growth and Development Guide for Spring barley*. University of Minnesota Agricultural Extension Folder AG-FO-2547. <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystem/DC2547.html>

**Annicchiarico, P., F. Bellah, T. Chiari. 2005.** Defining sub regions and estimating benefits for a specific adaptation strategy by breeding programs: a case study. *Crop Science*. p45 (1741-1749).

**Araus J.L., Logan K.P., 1994.** Comparative leaf structure and pattern of photoinhibition after neotropical palm Scheelea zinensis. *Am.J.Botany*. p81 (726-738).

**Arzt H., 1926.** Serologische untersuchungen über die verwandtschaftsverhältnisse der gerste imt besonderer berücksichtigung des eiweissausgleichs innerhalb der präzipitierenden lösungen. *Botanisches Archiv* 13.

**Bajji M., JM. Kinet, S. Lutts. 2002.** Water deficit effects on solute contribution to Osmotique adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf) Cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci*. p160 (669-681).

**Bahlouli, F., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, K.L. Hassous. 2005.** Selection of high yielding and risk efficient durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars under semi-arid conditions. *Pakistan J. Agronomy*. p4 (360-365).

**Barrs H.D.,Weatherly P.E. 1962.** A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci*, p24 (519-570).

**Beaven E.S., 1902.** Varieties of barley. Barley fifty years of observation and experiment J.F ed. Inst. Brew.8.

**Belkhene S., Sebbai D.2013.** Comparaison de lignées haploïdes doublées d'orge (*Hordeum vulgare* L.) obtenues par culture thèse de 'Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques ,Université Ferhat Abbas, Sétif-1. p68 .

**Becker E.S., 1927.** Handbuch des Gesamten Pflanzensystemes I, Berlin.

**Belkherchouche H., Fellah S., Bouzerzour H., Benmahammed A., Chellal N. 2008.**

Vigueur de la croissance, translocation et rendement en grains du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi arides. *Revue Savoirs Université de Biskra*. p 7 (25-30).

**Benbelkacem. 1991.** Résultats d'enquêtes sur les maladies des céréales au séminaire régional sur les grandes cultures. Rabat. p2-4

**Benderradji L., H. Bouzerzour, K. Kellou, N. Ykhlef, F. Brini, K. Masmoudi. 2010.**

Etude des mécanismes de tolérance à la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L) soumises à un stress salin. *Science et Technologie* p32 (23-30).

**Benmahammed A., M. Kribaa, H. Bouzerzour, A. Djekoun. 2008.** Relationships

between F2, F3 and F4-derived lines for above ground biomass and harvest index *Agricultural journal* p3 (313-318).

**Bensemmane, L., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, H. Mimouni. 2011.** Assessment

of the phenotypic variation within two- and six-rowed barley (*Hordeum vulgare* L.) breeding lines grown under semi-arid conditions. *Advanced Environmental Biology*, p 5 (1454-1460).

**Bothmer, V.R.k., Sato, Knuepffer, H. and Hintum, T.V., 2003.**

Barley diversity and introduction in: R.vonBothmer, T.vanHintum, H.Knuepffer and

K.Sato (editors). Diversity in barley (*Hordeum vulgare* L.). Elsevier Science,

Amsterdam, The Netherlands. p3-8.

**Boufenar F., O. Zaghouane. 2004.** La production de semences de pré-base et base de céréales durant la période 1994-2003. *Céréaliculture*. p41 (5-20).

**Bouzerzour H., Djekoune A., Benmahammed A., Hassous L.K., 1998.** Contribution de la biomasse aérienne, de l'indice de récolte et de la précocité à l'épiaison au rendement grain de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude. *Cahier d'Agriculture* p8 (133-137).

**Bouzerzour H., A. Benmahammed. 2009.** Variation in early growth, canopy temperature, translocation and yield of four durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes Under semi-arid conditions. *Dirassat Journal of Agricultural Sciences, Jordan Univ.* p5 (142-154).

**Chaudhuri, UN., ET. Kanemasu. 1986.** Effect of water gradient on sorghum growth, water relations and yield. *Can. J. Plant Sci.* p62 (599-607).

**Chenafi H., A. Aïdaoui, H. Bouzerzour, A. Saci. 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi-arid growth conditions. *Asian J Plant Sci.*, p5 (854-860).

**Clément J.M., 1981** - Dictionnaire Larousse Agricole. Librairie Larousse. ISBN 2-03-514301-2. p1207.

**Darera N.F.; Marshall D.R.; Balaam L.N.; 1969.** Genetic variability in root development in relation to drought tolerance in spring wheat expt; *Agric* p5 (327-337).

**Donalds C.M.; Hambling J.; 1976.** The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. *Advances in Agronomy*. p28 (361-411).

**Faostat. 2008.** Statistical Database of the Food and Agriculture Organization.

**Faostat, 2011.** Statistical Database of the Food and Agriculture Organization.

**Gallais et Banneroth. (1992)-** Amélioration des espèces cultivées. Objectifs et critères de sélection. INRA France. Edition. p768.

**Guhas et Maheshwaris. 1964.** In vitro production of embryos from anthers of *Datura*. *Nature*. p212 (97-98).

**Haddad L. 2010.** Contribution à l'étude de la stabilité des rendements du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous climat méditerranéen. *Mémoire de Magister, Dépt. Agronomie, Faculté des Sciences, UFAS*. p 70.

**Hakimi, M., 1989.** Les systèmes traditionnels basés sur la culture de l'orge. Proc.Symp. On the agro meteorology of rainfed barley based farming system .Ends WMO/ICARDA. p179-183.

**Hanson AD., May AM., Grumet R., Bode J., Jamiesson GC., Rhodes D., 1985.** Betaine synthesis in chenopods: localization in chloroplast. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, p82 (3678-3682).

**Hannachi, A., Fellahi, Z., Bouzerzour, H., Boutekrabt, A., 2013.** Diallel-cross analysis of grain yield and stress tolerance-related traits under semi-arid conditions

in Durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, p 4 (1027 – 1033)

**Harkati. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*. p17 (507-513).

**Harlan J.R. et Zohary D., 1966** - Distribution of wild wheat and barley. *Science*, p153 (1074-1080).

**Harlan J.R., 1975** - Our vanishing genetics resources. *Science*, p188 (618-621).

**Harrath N.,2003.** Analyse génétique de l'intégrité cellulaire et de la vitesse de dessèchement foliaire chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de Magister. Institut des sciences de la nature, Centre Universitaire Larbi Ben Mhidi, OEB, p50.

**Hauchinal, RR., JP. Tandon, PM. Salinath. 1993.** Variation and adaptation of wheat Varieties to heat tolerance in Peninsular India . *In Sanders,D. A. and G. P. Hettel. Wheat in Heat stressed environments, irrigated dry areas and rice- wheat farming systems, Mexico, DF, Cimmyt*, p175-183.

**Hay, R.K.M.,Walker, A.J., 1989.** An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Scientific and Technical, Harlow. Hsu, J.C., 1996. Multiple Comparisons: Theory and Methods. Chapman & Hall, London, p277.

**Hazmoune T., 2006** – Le semis profond comme palliatif à la sécheresse. Rôle du coléoptile dans la levée et conséquences sur les composantes du rendement. Thèse docteur d'état. Univ Constantine. p168.

**Houshmand, S., A. Arzanib, SAM. Maibodyb, M. Feizic. 2005.** Evaluation of salt-Tolérant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. *Field Crops Res.* p91 (345–354).

**Kameli A., DM. Losel, 1996.** Growth and sugar accumulation in durum wheat plants Under water stress. *New Phytol.* p132 (57-62).

**Khaldouna. (1995)** Etude de comportement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) exploitée a double fin. *Céréaliculture.* p28 (2-7).

**Körnicker Fr., 1885** - Die Arten und Varietäten des Getreides. In Handbuch des Getreidebaues. Vol. 1 (Fr. Körnicke and H. Werner, eds.). Parey, Berlin, Germany [in German].

**Körnicker Fr., 1895-** Die Hauptsächlichsten Formen der Saatgerste. Bonn.

**Larionow D., 1929** - Zur Frage über den phylogenetischen Zusammenhang zwischen zweizeiliger und vielzeiliger Gerste (*Hordeum sat. distichum* L., and *H. v. polystichum* Doll.) *Ang. Bot.* p11 (274–285).

**Lutts S., JM. Kinet, J. Bouharmont. 1996.** Effects of salt stress on growth, mineral Nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regulation.* p19 (207–218).

**Mazouz L., 2006.** Etude de la contribution des paramètres phéno morphologiques dans l'adaptation du blé dur (*Triticum durum* Dsf.) dans l'étage bioclimatique semi aride. Mémoire de Magister. Dept Agr, Fac Sci, UHL, Batna, Algérie.

**Mekhlouf, A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Hadj Sahraoui, A. Munns R., RA. James, A. Lauchli. 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* p57 (1025-1043).

**Mekhlouf, A., H. Bouzerzour, A. Benmahammed, A. Hadj Sahraoui, A. Harkati. 2006.** Adaptation des variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) au climat semi-aride. *Sécheresse*, p17 (507-513).

**Menad A. 2008.** Rythme de développement, utilisation de l'eau et rendement de l'orge (*Hordeumvulgare* L.) sous climat méditerranéen. Mémoire de magister, ENSA, El Harrach. p 70.

**Meziani N., Bouzerzour H., Benmahammed A., Menad A., Benbelkacem A. 2011.** Performance and adaptation of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) to diverse locations. *Advances Environmental Biology*, p5 (1465-1472).

**Nitschj. P. (1971)** les plantes sans mères, recherche N°13 (523-529).

**Passioura J.B., 1977.** Grain yield, harvest index and water use of wheat. *Journal of Australian Institute of Agricultural Science*. p43 (117 – 120).

**Passioura, J. 2004.** Increasing crop productivity when water is scarce: from breeding to field management. *In proceedings of the 4th International Crop Science Congress "New directions for a diverse planet" Brisbane, Australia.*

[www.regional.org-au/au/cs](http://www.regional.org-au/au/cs)



**Petréquin P. et Baudain D., 1997-** Les sites littoraux néolithiques de clairvaux-les-lacs (Jura). I problématique générale. L'exemple de la station III. Edition de la maison des sciences de l'homme Paris. p508.

**Peeters J.P., 1988-** The emergence of new centres of diversity: Evidence from barley. Theoretical and Applied Genetics p76 (17-24).

**Poehlman, J. M. 1985.** Adaptation and distribution. p 1-17. In: Barley. Rasmusson, D. C. (ed.). Agronomy Monograph No. 26, ASA. Madison. WI.

**Rawson DM., AJ. Willmer, APP. Turner. 1993.** Whole-cell Biosensors for Environmental monitoring. *Biosensors*. p 4 (299-311).

**Rimpau W., 1891 -** Kreuzungsprodukte landwirtschaftliche Kulturpflanze. Landwirt Jahrb. p20 (335–371).

**Rimpau W., 1892 -** Die genetische Entwicklung der verschiedenen Formen unserer Saatgerste. Landw. Jahrb. p21 (699–702).

**Santos CV., G. Brito, G. Pinto, MAC. Fonseca, M. Henrique. 2000.** In vitro plantlet Régénération of *Olea europaea* ssp. *Madernsis Scientia Hort.* p 97 (83-87).

**Schiemann E., 1922-** Genetische Studien zur Sortenunterscheidung der Gerste. Zeits. Ind. Abs. Ver. p30 (293–296).

**Schiemann E., 1932 -** Entstehung der Kulturpflanzen. Handbuch Vererbungswiss.3(1B Gerste). p161–175.

**Schiemann E., 1939 -** Neue Probleme der Gerstenphylogenie. Züchter. p11 (145–147).

**Shepherd T., DW. Griffiths. 2006.** The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytol.*, 171: 469–499.

**Tardieu F. 2005.** Plant tolerance to water deficit: Physical limits and possibilities for progress. *Geo Sci.* p337 (57 -67).

**Soltner D., 1990** - Phytotechnie spéciale, Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd.

**Soltner D., 2005** - Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. p472.

**Slafer, G.A., Araus, J.L., Reynolds, M.P. Royo, C., 2002.** Plant breeding and water relations in C3 cereals: what should we breed for? *Annals of Botany*, p89 (925-940).

**Slafer G.A., Molina-Cano J.L., Savim R., Araus J.L. et Romagosa I., 2002** - Barley science. Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of yield and Quality. p665.

**Smith E.L., 1947** – Om Korn i Ost- Tibet. Sveriges Utsädesforening Tidskrift 57.

**Tschermak E. V., 1923** - Bastardierung (von Gerste). Handbuch Landw. Pflanzenzucht, von Fruwirth, C.p44 (309–326).

**Vavilov N.I., 1926** - Centres of origin of cultivated plants. *Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed.* 16(2). p248.

**Witcombe JR., PA. Hollington, CJ. Howarth, S. Reader, KA. Steel. 2009.** Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B.* p363 (703-716).

**Wardlaw IF., J. Willembrik.1994.** Carbohydrate storage and mobilisation by the culm of wheat between heading and grain maturity: The relation of sucrose synthase and sucrose phosphate synthase. *Aust. J. Plant Physiol.*, p21 (255-271).

**Zohary D., 1973-** Geobotanical foundations of the Middle East: Vol.1, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Germany.

**Zohary D. and Hopf M., 1993** - The domestication of plants in the Old World. Oxford, Clarendon Press. ed. (ed. 1 : 1988).

**Zohary D., 1999** - Monophyletic vs. polyphyletic origin of the crops on which agricultures was founded in the Near East. *Genet. Res. Crop.* Vol. p6 (133-142).

---

## ANNEXE

---

### I-ANOVA DE TRE

source	df	ss	ms	f	p
blooks	2	107.0877438	53.543872	0.4428331	0.6484 ns
mais effect genotype	10	1564.242355	156.42424	1.2937022	0.2982 ns
errot	20	2418.241701	120.91209		
total	32	4089.5718			
modell	12	1671.330099	139.27751	1.1518907	0.3766 ns

### II- ANOVA DE DH

source	df	ss	ms	f	p
blooks	2	8.909090909	4.4545455	0.4401198	0.6500 ns
mais effect genotype	10	502.3030303	50.230303	4.9628743	0.0011 **
errot	20	202.4242424	10.121212		
total	32	713.6363636			
modell	12	511.2121212	42.60101	4.2090818	0.0023 **

### III- ANOVA DE H

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	463.469697	231.73485	219.43182	0.1853 ns
mais effect genotype	10	2169.712121	216.97121	1.7191306	0.1451 ns
errot	20	2524.19697	126.20985		
total	32	5157.378788			
modell	12	2633.181818	219.43182	1.7386267	0.1323 ns

IV-ANOVA DE CHL

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	52.5169697	26.258485	1.0055013	0.3836 ns
mais effect genotype	10	134.8654545	13.486545	0.5164327	0.8587 ns
errot	20	522.2963636	26.114818		
total	32	709.6787879			
modell	12	187.3824242	15.615202	0.5979441	0.8190 ns

V-ANOVA DE NE

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	131784.512	65892.256	2.4914068	0.1081 ns
mais effect genotype	10	200993.2659	20099.327	0.7599618	0.6639 ns
errot	20	528956.2289	26447.811		
total	32	61734.0068			
modell	12	332777.7779	27731.481	1.048536	0.4467 ns

VI-ANOVA de PMG

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	21.99730258	10.998651	0.2177794	0.8062 ns
mais effect genotype	10	1832.055814	183.20558	0.2177794	0.0068 **
errot	20	1010.072637	50.503632		
total	32	2864.125753			
modell	12	1854.053117	154.50443	3.0592736	0.0132 *

VII-ANOVA DE TCV

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	0.138181818	0.0690909	0.0821444	0.9214 ns
mais effect genotype	10	21.36727273	2.1367273	2.5404237	0.0364 *
errot	20	21.36727273	0.8410909		
total	32	38.32727273			
modell	12	21.50545455	1.7921212	2.1307105	0.0650 ns

VIII-ANOVA DE BIO

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	17220478.79	8610239,4	1.7565741	0.1982 ns
mais effect genotype	10	100012272.7	10001227	2.0403495	0.0838 ns
errot	20	98034454.55	4901722.7		
total	32	215267206.1			
modell	12	117232751.5	9769396	1.9930536	0.0833 ns



## Résumé

Cette étude a été conduite dans un milieu semi aride avec l'objectif de comparer le comportement de 6 lignées doubles haploïdes d'orge obtenues par culture d'anthere, avec 2 témoins et 3 parents et de sélectionner les meilleures lignées pour cette région. Les résultats indiquent la présence d'une large variabilité phénotypiques pour les treize caractères morpho-physiologiques mesurés. La sélection mono caractère sur la base des douze caractères mesurés à identifier six lignées doubles haploïdes. Une lignée double haploïde présente des valeurs désirables pour plusieurs caractères a été sélectionnée pour des études ultérieures. Cette lignée se distingue par un gain modéré à appréciable du rendement grain, du nombre de grains par m<sup>2</sup>, du nombre de grains par épi.

Mots clés : *Hordeum vulgare*, Double haploïde, rendement, sélection, tolérance, stress

---

## Abstract

The present study was undertaken to compare six barley doubled haploids lines obtained via anther culture. With 2 check and 3 parents. The results indicated the presence of a large phenotypic variability for the 13 measured morpho-physiological traits. Mono trait selection based on the measured traits identified six doubles haploids lines. One doubled haploid line presenting desirable value for several traits were selected for further studies. the selected line brought moderate to appreciate gain for grain yield, number of grains, per square meter, number of grains per spike and plant height.

**Key Words:** *Hordeum vulgare*, Doubled haploid, grain yield, selection, tolerance, stress

---

الملخص:

أجرت هذه الدراسة في وسط شبه جاف بهدف مقارنة سلوك ستة سلالات من الشعير مضاعف العدد الصبغي تم الحصول عليها عن طريق تقنية زراعة المأبر مع شاهدين و ثلاثة أباء. تشير النتائج المحصل عليها الى وجود تباين مذهري كبير في صفات المورفوفيزيولوجية المدروسة أظهر الانتخاب أحادي الصفة تميز ست سلالات من بين هذه السلالات سلالة واحدة أظهرت قيما مرغوبة في العديد من الصفات و التي يوصي بإختبارها في الدراسات المستقبلية. تتميز هذه السلالة بريح متوسط الى معتبر في المردود الحبي , عدد الحبات في المتر المربع, عدد الحبات في السنبله وطول النبات.

كلمات المفتاح: أحادي عدد الصبغي المضاعف, المردود, تحمل, إجهاد.

## IX-ANOVA DE SF

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	16.67551423	8.3377571	1.2400618	0.3107 ns
mais effect genotype	10	122.7710811	12.277108	1.8259554	0.1208 ns
errot	20	134.4732532	6.7236627		
total	32	273.9198485			
modell	12	139.4465953	11.62055	1.7283065	0.1348 ns

## X-ANOVA DE NGE

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	24.00424242	12.002121	0.4726152	0.6302 ns
mais effect genotype	10	546.6321212	54.663212	2.1525084	0.0693 ns
errot	20	507.9024242	25.395121		
total	32	1078.538788			
modell	12	570.6363636	47.55303	1.8725262	0.1037 ns

## XI-ANOVA DE RDT

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	466818.1818	233409.09	0.3204002	0.7295 ns
mais effect genotype	10	17887424.24	1788742.4	2.4554029	0.0419 *
errot	20	14569848.48	728492.42		
total	32	32924090.91			
modell	12	18354242.42	1529520.2	2.0995691	0.0687 ns

## XII-ANOVA DE HI%

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	73.00127904	36.50064	0.6383217	.5404 ns
mais effect genotype	10	558.8418853	55.884189	0.9773004	.4963 ns
errot	20	972.0973946	57.1822		
total	32	1681.611543			
modell	12	709.514148	59.126179	1.0339962	.4631 ns



## XIII-ANOVA DE PLL

source	DF	SS	MS	F	P
blooks	2	5359242.424	2679621.2	1.2500928	0.3079 ns
mais effect genotype	10	37459696.97	3745969.7	1.747564	0.1382 ns
errot	20	42870757.58	2143537.9		
total	32	85689696.97			
modell	12	42818939.39	3568244.9	1.6646522	0.1514 ns

---

## LA LISTE DES TABLEAUX

---

<b>Tableau 1 :</b> Production mondiale (T) de l'orge des périodes 1961-70, 1971-80, 1981-90, 1991-2000 et 2001-2010 (FAOSTAT, 2011).....	6
<b>Tableau 2 :</b> Classification de l'orge.....	7
<b>Tableau 3.</b> Liste des lignées haploïdes doublées d'orge évaluées au cours de la campagne 20013/2014 sur le site expérimental de l'unité de l'INRAA de Sétif.....	28
<b>Tableau 4 :</b> L'analyse de la variance des variables mesurées.....	35
<b>Tableau 5 :</b> Valeurs moyennes des variables morpho-physiologique mesurées.....	36
<b>Tableau6 :</b> Valeurs moyennes des variables de rendement mesurées.	36
<b>Tableau 7:</b> Coefficients de corrélation entre les différentes variables mesurées (0,5 significatif ; 0,1* hautement significatif; 0,001** très hautement significatif).....	46
<b>Tableau 8.</b> Lignées sélectionnées sur la base d'un seul caractère parmi les variables mesurées et sur la base de la prédiction de la régression progressive.....	54
<b>Tableau9.</b> Liste des lignées sélectionnées, nombre de fois elles ont été sélectionnées, et liste des caractères sur la base desquels elles ont été sélectionnées.....	54

---

## Conclusion

Les résultats de la présente étude indiquent que les lignées doubles haploïdes présentent une large variabilité phénotypiques pour les 13 caractères morpho-physiologiques dont le rendement et ses composantes et la température de la canopée et le contenu en chlorophylle. Six lignées doubles haploïdes candidates à la sélection ont été identifiées sur la base des 13 caractères mesurés, pris individuellement.

Parmi ces 6 lignées doubles haploïdes une lignée(HD37) a été identifiées sur la base de 6 caractères et plus dont la teneur relative en eau, la précocité d'épiaison, le contenu en chlorophylle, le rendement grain, la température de canopée et le nombre de grains par m<sup>2</sup>.

La lignée HD37 retenue en sélection se distingue par un gain modéré à appréciable du rendement grain, du nombre de grains par m<sup>2</sup>, du nombre de grains par épi et du poids de 1000 grains.

En termes de perspectives et de continuité à la présente étude, il serait souhaitable d'évaluer la lignée sélectionnée dans d'autres environnements pour analyser la stabilité des caractères utilisés comme critère de sélection et de s'assurer de leur efficacité en sélection. Comme il est préférable d'améliorer cette lignée pour les caractères ou elle a enregistré des faibles valeurs telles que le PMG.