

REPUBLIQUE ALGERRIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en **Biotechnologie Végétale**

Thème

**Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse de quelques
populations spontanées du genre *Plantago. L***

Présenté par Mlle :**LOUDJEDI MERIEM**

Soutenu le 03-07-2013

Devant le jury :

Président : **BEN REBIHA.**

Prof. Université **Saad Dahlab** Blida

Encadreur : **BEN MOUSSA. M**

Prof. Université **Saad Dahlab** Blida

Co-promotrice : **MAAMRI .F**

Attachée de recherche **INRAA**

Examineur : **HADJ SADOUK.**

Docteur .Université **Saad Dahlab** Blida

Année Universitaire 2013

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mon père Mohamed

Ma mère Hamida

Mes frères ; Yagoub et Brahim

Mes sœurs ; Fatma Zohra , Zakia et son fils Mahdi

Toute ma famille

*Mes amies ; Hadjira , Loubna , Imène ,
Aicha , Fatima , Djamila*

A tous mes collègues de la promotion

«Biotechnologie Végétale »

meriem

Remerciements

Tout d'abord, grâce à **ALWWAHID** qui m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule. Louanges à **ALLAH**.

Je voudrais remercier du fond du cœur **Mr le Professeur BEN MOUSSA. M** qui a encadré cette étude au quotidien. Il fut toujours présent, en particulier lorsque je me suis confrontée au doute, je lui suis reconnaissante pour : sa grande disponibilité, son ouverture d'esprit, son dynamisme et son optimisme, ainsi que pour ses multiples et précieux conseils Scientifiques, professionnels ou tout simplement humains

J'adresse mes vifs remerciements à Madame **MAAMRI .F** maitre de recherche et responsable au laboratoire des ressources phytogénétiques à l'Institut National de Recherche Agronomique d'Algérie (**INRAA**) pour m'avoir proposer ce sujet de mémoire et avoir bien voulu y consacrer son temps , ses conseils et sa précieux aide tout au long de la conduite de cette étude.

. Je tiens à remercier les membres du jury:

Au présidente du jury, À Madame **BEN RBIHA**, Professeur à l'Université **Saad dahlab** de Blida, Qui m'a fait l'honneur de présider mon jury de mémoire. Qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

À Monsieur **HADJ SADOUK.**, chargé du cours à l'Université **Saad dahlab** ,Blida pour

L'honneur que vous m'avez fait d'accepter de juger ce travail. Veuillez agréer l'expression de ma reconnaissance et de mes remerciements les plus sincères.

Je tiens à remercier très spécialement mademoiselle **DJEDOU. R** , merci pour votre patience ,votre gentillesse ,votre disponibilité ,vos conseils et votre accueil très chaleureux de m' avoir guider au laboratoire

Je voudrais également remercier Monsieur **DERRADJI .H** et Monsieur **RIAD** , pour sa Disponibilité, la conception de nombreux programmes d'analyse statistiques ainsi que le traitement proprement dit de l'ensemble des données.

*Pour la réalisation de ce travail, j'adresse mes sincères remerciements à Monsieur **ZOUAOUI** maitre assistant et responsable au laboratoire de biotechnologie végétale à l'université Saad Dahlab de Blida pour son appui, son soutien moral et son aide, de m'avoir apporté ses conseils pour sa participation active dans mon travail*

*Que tout les personnels enseignants-chercheurs du l'**INRAA**, qui m'a tellement bien Accueilli et conseillé trouve ici l'expression de ma reconnaissance.*

*Je voudrais remercier l'ensemble des personnes, qui m'ont aidé, de près ou de loin, à réaliser ce mémoire. Surtout Monsieur **LAMINE** et Mademoiselle **ZAKIA***

Toute ma gratitude à mes collègues de promotion et mes amis ainsi qu'à d'autres étudiants

Enfin toute ma reconnaissance est adressée à ma famille, mes parents surtout mon père à qui je dois mon éducation, ma réussite dans la vie et dans mes études et J'espère qu'ils excuseront mon absence tout au long de ces dernières années, à mes Sœurs et mes frères pour tous ce qu'ils ont fait pour moi, pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis au cours de mes études.

Contribution à l'étude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations spontanées du genre *Plantago* .L

Résumé :

La culture fourragère occupe une place importante dans l'agriculture, se concentre principalement dans les zones arides et semi arides là où les conditions climatiques limitent sérieusement le potentiel de leur production en raison du caractère imprévisible de la sécheresse. La tolérance s'avère la stratégie la plus efficace dans les situations de sécheresse exprimée par des modifications qui augmentent la probabilité de survie et de production.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de et la variabilité de la réponse chez huit populations de l'espèce du *Plantago albicans* (plantain blanchissant). L'étude a porté sur différents paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques au niveau des deux régimes stressés et non stressés.

Les résultats obtenus montrent que le stress hydrique a entraîné une réduction de la surface foliaire, diminution de la teneur en eau du taux de la chlorophylle totale et une accumulation de la proline enregistrée.

En conclusion, l'étude a montré que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes des réponses chez les huit populations de même manière .

Mots clés : sécheresse, stress hydrique, la tolérance, *Plantago albicans*, Morphologiques, physiologiques et biochimique

Contribution to the study of drought tolerance in some spontaneous populations of kind *plantago* . L

Abstract:

The forage crop occupies a significant position in the agriculture, mainly concentrated in the arid and semi-arid climatic conditions where they seriously limit the potential for production due to the unpredictability of drought. Tolerance proves to be the most effective strategy in situations of drought expressed by modifications that increase the likelihood of survival and production.

The objective of this work is to study the effect and variability of response in eight of the population of *Plantago albicans* species (plantain whitening). This study is done on various morphological parameters, physiological and biochemical at the level two stresses regimes and no stresses.

The results show that water stress resulted in a reduction in leaf area decreased water content and the rate of total chlorophyll and accumulation of prolin recorded

In conclusion, the study showed that water stress causes the same mechanisms of responses in eight populations in the same way and behavior.

Keywords:

Drought, water stress. Tolerance, *Plantago albicans*, morphological, physiological and biochemical

المساهمة في دراسة مقاومة الجفاف عند بعض النباتات العفوية

الملخص:

تحتل الزراعة العلفية مكانة هامة في قطاعات الزراعة وتتركز أساسا في الظروف المناخية القاحلة وشبه القاحلة , بحيث تعد هذه الظروف معامل يحدد من إمكانية الإنتاج بسبب عدم القدرة على التنبؤ بالجفاف , تكون المقاومة الإستراتيجية الأكثر فعالية في حالات الجفاف , التي أعربت عنها التعديلات التي تزيد من احتمال البقاء على قيد الحياة و الانتاج والهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير الجفاف وتنوع الاستجابة في الأنواع الثمانية لهذه النباتات عبر دراسة مختلف الصفات المرفولوجية الفسيولوجية و البيوكيميائية على مستوى نظامي الاجهاد.

وتبين النتائج ان الاجهاد المائي ادى الى الانخفاض من مساحة الورقة ونقص من المحتوى المائي ومن محتوى الكروماتيل وتسجيل تراكم البرولين

في الختام تبين الدراسة أن الاجهاد المائي يبين نفس أليات الاستجابة عند ثمانية الأنواع النباتية ولكن بنفس درجات

كلمات البحث :

الجفاف، الاجهاد المائي ، المقاومة ،الاستجابة ، المورفولوجية ، الفسيولوجية ، البيوكيميائية

Abréviations

ABA : Acide Abscisique

ADH : régime stressé

CC : la capacité au champ.

CR : la capacité de rétention

Do : densité optique

h : heure

J : jours.

PF : point de flétrissement

PM : poids moléculaire.

PS : poids sec

PT : poids de pleine turgescence

RU : Réserve Utile

SDH : régime non stressé

SF : Surface foliaire

SPAD : développements pour l'analyse du sol et des plantes.

TCT : taux de chlorophylle totale

TRE : teneur relative en eau.

UFL : unités fourragères lait

Liste des figures

Figure1 : Les différentes parties de la plante	09
Figure2 : la morphologie de la plante.....	10
Figure3 : Distribution géographique de <i>Plantago albicans</i> L	13
Figure4 : Variation du nombre des talles des huit populations de <i>Plantago albicans</i> Entre deux régimes hydriques (SDH et ADH).	38
Figure5 : Variation du nombre des épis des huit populations de <i>Plantago albicans</i> Entre deux régimes SDH et ADH	39
Figure6 : Variation le début d'épiaison des huit populations de <i>Plantago albicans</i> Entre deux régimes SDH et ADH	40
Figure7 : Variation des débuts de floraison des huit populations de <i>Plantago albicans</i> entre deux régimes SDH et ADH.....	41
Figure8 : Variation des fins de floraison des huit populations de <i>Plantago albicans</i> entre deux régimes SDH et ADH.....	42
Figure 9 : Variation de la longueur des feuilles chez les huit populations de <i>Plantago albicans</i> entre deux régimes SDH et ADH.....	43
Figure10 : Variation de la largeur des feuilles chez les huit populations de <i>Plantago</i> <i>albicans</i> entre deux régimes SDH et ADH.....	44
Figure11 : Variation de la longueur des épis chez les huit populations de <i>Plantago</i> <i>albicans</i> entre deux régimes SDH et ADH.....	45
Figure12 : Variation du nombre des nouveaux plateaux des talles chez les huit Populations de <i>Plantago albicans</i> entre deux régimes SDH et ADH.....	46
Figure 13 : Variation de la surface foliaire des huit populations de <i>Plantago</i>	

albicans soumis au niveau de deux régimes hydriques SDH et ADH.....47

Figure 14 : variation de la teneur relative en eau des huit populations de *plantago*

albicans soumis à un niveau de stress hydrique 50

Figure 15 : variation du taux de la chlorophylle totale des huit populations de

plantago albicans soumis à un stress hydrique 51

Figure16 : l'évaluation de la teneur en proline des huit populations de *Plantago*

albicans soumis à un niveau de stress hydrique 53

Liste des planches

<u>Planche1</u> :	34
<u>Planche2</u> :	34
<u>Planche3</u> :	35

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux caractères impliqués dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse 17

Tableau 2 : Répartition des pots des populations du *Plantago* par randomisation
Totale..... 27

Tableau3 : Résultats d'analyse de la variance des caractères étudiés entre les populations37

Liste des annexes

<u>Annexe1</u> : Tableaux d'analyse de variance à deux facteurs fixes (AV ₂) des paramètres étudiés	70
<u>Annexe2</u> : ANOVA des paramètres étudiés au niveau des deux régimes	83

Sommaire

Introduction	01
---------------------------	-----------

CHAPITRE I:Revue bibliographiques

1- Les plantes fourragères et pastorales	04
2- Le Genre <i>Plantago</i>	06
2.1- Historique et classification des plantains.....	07
2.2- Description des caractères du genre <i>plantago</i>.....	08
2.3 -Utilisation en pharmacopée	09
3- <i>Plantago albicans</i>.....	09
3.1-Position systématique	09
3.2- Description botanique et anatomique.....	11
3.3- Habitat.....	12
3.4- Distribution géographique de <i>Plantago albicans</i>.....	12
3.5- Importance.....	13
4- Les effets de sécheresse sur le développement de la plante	13
4.1- Importance de l'eau.....	13
4.2 -Terminologie de la sécheresse	14
4.3- Les effets de la sécheresse sur la croissance des plantes	15
4.4- Les effets du déficit hydrique sur la nutrition minérale	15
5- les mécanismes d'adaptation des plantes au sécheresse	15
5.1 Adaptation phénologique.....	16
5.2 Adaptation morphologique	17
5.3 Adaptation physiologique	19

6- Les mécanismes d'adaptation biochimique en condition de sécheresse.....	21
6.1- La proline.....	21
6.2 Les sucres solubles.....	22
6.3 Le potassium	23

Chapitre II : Matériels et méthodes

1-Matériel végétal	26
2-Conduite et organisation de l'essai	26
3- Dispositif expérimental	26
3. 1- Préparation des pots et le semi.....	26
3. 2- Détermination et application des niveaux de stress.....	27
3. 3- Les paramètres étudiés.....	31
3.3. 1- Les caractères biométriques et phénologiques	31
3. 3. 2- Paramètres morphologiques	31
3. 3. 3- Paramètres physiologiques.....	31
3. 3.4- Paramètres biochimiques.....	32
3.3. 5- Traitement et analyse statistique	33

CHAPITRE III : Résultats et discussion

1- Etude l'effet de stress hydrique chez <i>le plantago albicans</i>	37
1.1-Variation des paramètres morphologiques et phénologiques.....	38
1.2- Variation des paramètres physiologiques et biochimiques	49
Conclusion et Perspectives.....	55
Références Bibliographiques.....	57
Annexes	70

INTRODUCTION :

L'Algérie à l'instar des pays du bassin méditerranéen est très riche en ressources phytogénétiques à intérêt fourrager et pastoral le déficit fourrager que connaît ce pays est chronique et l'alimentation du cheptel repose essentiellement sur ces ressources fourragères et /ou pastorales provenant des milieux naturels (par cours maquis, jachère, ect) malheureusement , ces ressources restent peu étudiées et sous exploités alors qu'elles ont servi dans autres pays(**Abdelguerfi 2001; Abdelguerfi , Louar, 2004b**).

L'insuffisance de la production fourragère et pastorale constitue un grand obstacle au développement de l'élevage en Algérie. Les espèces spontanées d'intérêt pastoral et/ou fourrager jouent actuellement un rôle extrêmement important dans l'alimentation du cheptel et l'essentiel des ressources provient des parcours, des jachères et des sous-produits agricoles. Le cheptel reste en grande partie soumis aux aléas climatiques et sa production est le plus souvent très peu maîtrisée (**Abdelguerfi, 2002**)

La dépendance alimentaire en Algérie est une des conséquences d'une agriculture « mal au point » caractérisée par une production et une productivité répondant faiblement aux besoins d'une population sans cesse croissante (**Abdelguerfi A. et Laouar M., 1999**)

Ce déficit chronique en produits agricoles dont souffre l'Algérie est dû essentiellement à une mauvaise alimentation du troupeau (**Zatout et al.,1989**). Notre pays figure toujours parmi les plus grands importateurs mondiaux de produits alimentaires. Ses importations s'élèvent en 2002 à 2,415 milliards DUS et en 2001 à 2,401 milliards DUS (**Caci, 2003**). Actuellement notre taux de dépendance en ce qui concerne les produits d'origine animale dépasse les 50%(**Caci, 2003**).

L'analyse statistique de l'évolution de la pluviosité de plusieurs stations steppiques, montrent que les steppes algériennes se caractérisent par une aridité croissante (**Hirche et al., 2007**). Le changement du couvert végétal et l'érosion de la biodiversité caractérisent l'évolution régressive de l'ensemble de la steppe (**Nedjraoui 2003**). Les parcours steppiques sont le domaine de prédilection de l'élevage ovin et caprin avec plus de 90 pourcent des effectifs qui y vivent entraînant une surexploitation de ces pâturages. (**Nedjraoui, 2003**).

Dans le but de valoriser les ressources phytogénétiques en Algérie, la connaissance des espèces à intérêt fourrager et pastoral représente une préoccupation essentielle. C'est le cas

des espèces annuelles, bisannuelles ou vivaces qui sont capables de résister aux conditions de sécheresse.

la sécheresse est la contrainte environnementale qui cause certainement le plus de dommages dans les productions agricoles. En effet, selon **(Trinchant et al., 2004)**, Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. En Algérie, la rareté et le caractère irrégulier des précipitations (200 à 600mm/an) peuvent être les facteurs d'une perte partielle ou totale de production, En conséquence, la situation est particulièrement grave où les rendements sont faibles (moins de 10 qx/ha). Ces variations annuelles des conditions climatiques rendent car il s'agit d'un caractère fortement influencé par l'environnement et peu héritable. De ce fait, une réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité s'impose **(Hassani et al., 2008)**.

En effet, selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique **(Bennaceur et al., 2001)**, biochimique **(Grennan, 2006)** et minéral **(Martinez et al., 2007)**. Ainsi, les plantes réagissent à ce stress, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance.

Parmi ces ressources phytogénétiques à intérêt pastorale, nous avons considéré *Plantago albicans* L, une espèce pérenne spontanée à haute valeur alimentaire appartenant à la famille des plantaginacées. **(Le Houérou, 1971)** la classent parmi les espèces naturelles les plus appréciées avec un indice de 5 (allant de 0 à 5) en Tunisie steppique. **(Quezel et Santa, 1962-63)** la signalent dans toute l'Algérie mais surtout dans les pelouses et les pâturages arides, rare dans le Tell.

Dans le double objectif d'apporter une contribution aux plans d'aménagement des terres dégradées et à enrichir les bases de données sur les espèces à intérêt pastoral et / ou fourrager, nous avons entrepris cette étude de tolérance à la sécheresse d'une espèce spontanée originaire des steppes centrales algériennes ceci par l'étude de quelques paramètres phénologiques et morphologique et mécanismes d'adaptation biochimique en condition de sécheresse.

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau0 3 : Résultats d'analyse de la variance des caractères étudiés entre les populations

caractères	TH	Mn	Max	Moy	Ecart-type	F obs	Sig
NT	SDH	5,33	7	5,917	±1,56	0,336	NS
	ADH	2,66	4	3,250	±0,68	1,714	NS
NE	SDH	25,66	38	33,292	±8,64	0,609	NS
	ADH	10,66	21,33	16,458	±5,69	1,994	NS
E	SDH	116,66	122,33	119,000	±3,15	1,751	NS
	ADH	126,33	130,66	128,333	±3,45	0,376	NS
DF	SDH	144,66	150,66	146,875	±3,15	1,818	NS
	ADH	147,33	149	148,083	± 3,28	0,474	NS
FF	SDH	157,33	175	166,708	±8,02	1,487	NS
	ADH	159,33	168,33	162,250	±4,57	3,098	S
LgF	SDH	12,78	18,56	14,221	±2 ,48	2,488	HS
	ADH	9,28	12,31	11,058	±1,47	0,816	NS
LrgF	SDH	1,46	1,81	1,638	±0,23	0,802	NS
	ADH	0,88	1,41	1,142	±0,27	1,290	NS
LgE	SDH	9 ,50	17 ,67	13,919	±3 ,52	4,482	NS
	ADH	4,91	6,83	6,079	±1,25	0,955	NS
NVP	SDH	25	50,66	37,500	±20,20	0,538	NS
	ADH	5,66	24	11,167	±7,36	3,134	S
SF	SDH	6,33	9,33	8,000	±1,89	1,101	NS
	ADH	3,66	5,60	4,417	±1,06	1,740	NS
TRE	SDH	44,59	73,94	60,390	±9	1	NS
	ADH	20,23	51,13	38,910	±10	3,199	NS
TCT	SDH	25,66	38	40,628	±6,16	0,675	NS
	ADH	10,66	21,33	26,965	±4,41	0,502	NS
PRO	SDH	0,42	0,60	0,530	±0,10	1,754	NS
	ADH	0,77	1,37	1,023	±0,26	2,420	NS

TH = traitement hydrique, SDH = sans déficit hydrique, ADH = avec déficit hydrique, Min. = minimum, Max = maximum, Moy = moyenne, F. obs = F observé, GH= groupe homogène, CV = coefficient de variance.

NS= Non significatif, S=Significatif, HS=Hautement significatif.

1. Etude l'effet de stress hydrique chez *le plantago albicans*:

le comportement des huit populations de *Plantago albicans* étudiés vis-à-vis du stress hydrique est analysé par une étude morphologique et phénologique (surface foliaire, épiaison, floraison, longueur et la largeur des feuilles, longueur des épis) , physiologique et biochimique (teneur relative en eau , taux de chlorophylle totale, teneur en proline). On rappelle que tous ces paramètres ont été mesurés sur une feuille bien développée au stade de montaison.

Après traitements statistiques, les résultats de tous les paramètres sont présentés dans le tableau 4 et de l'ordre comme suite :

1.1 Variation des paramètres morphologiques et phénologiques :

1.1.1 Variation le nombre des talles :

Le tableau n° 3 montre que le nombre des talles le plus élevée est notée chez le régime irrigué (SDH), avec une valeur maximale de (7)T chez PLG2 et une valeur minimale de (5,33)T enregistrée chez PLG3, avec de moyenne (5,917 ± 1,56) T. Des valeurs proches entre elles sont observées chez les autres populations. (Fig. 04).

Au régime ADH (80% de CC), la valeur minimale est observée dans PLG5, alors que la valeur maximale est enregistrée chez PLG7 avec de moyenne (3,250 ± 0,68)T (Fig. 04).

La comparaison des moyennes du nombre des épis et l'analyse de variance montrent qu'il existe une différence très hautement significative entre les régimes (SDH et ADH), et une différence non significative entre les populations et entre l'interaction (population × Régime) (Tab.01, Annexe1).

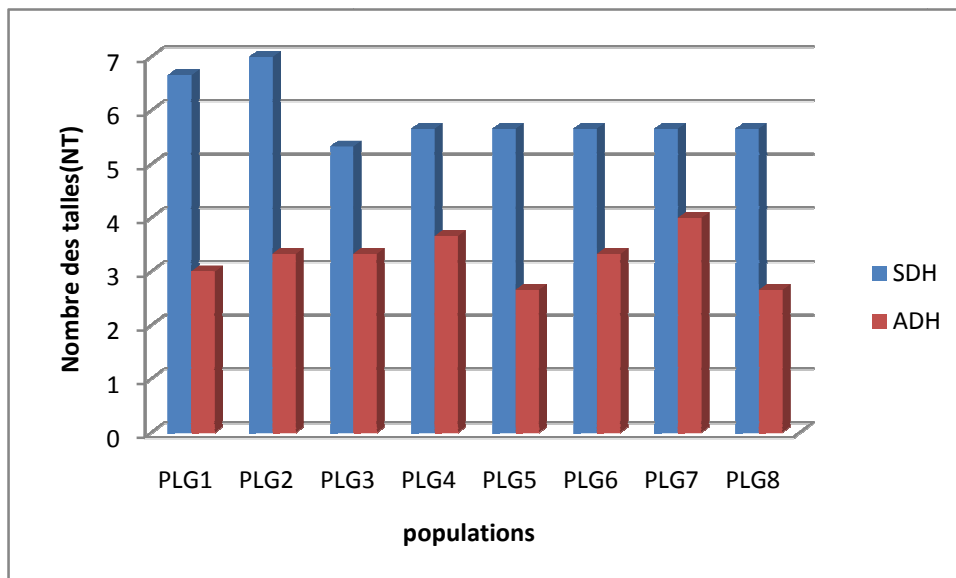


Figure4 : Variation du nombre des talles des huit populations de *Plantago albicans*

Entre deux régimes hydriques (SDH et ADH).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime non stressé SDH, alors que le groupe B représente le régime ADH (Tab.01, Annexe1).

1.1.2 Variation le nombre des épis par plante :

Sous les conditions d’irrigation et au niveau du régime SDH, les valeurs du nombre des épis changent entre une valeur maximale de (38) E à une valeur minimale de (25.66) E enregistrée chez les populations **PLG1** et **PLG5** et **PLG2** d’ordre successive avec une moyenne de (33,292± 8,64). (Fig.05).

Par opposition au niveau de régime (ADH, 80% de CC), il ya une diminution dans le nombre des épis, la valeur maximale des épis est enregistrée chez la population **PLG4** de (21.33) E, alors que la valeur minimale est inscrite dans la population **PLG3** de (10,66) E avec une moyenne de (16,458 ± 5,69). (Fig. 05).

D’après l’analyse de la variance effectuée sur le facteur régime on constate l’existence d’une différence très hautement significative.

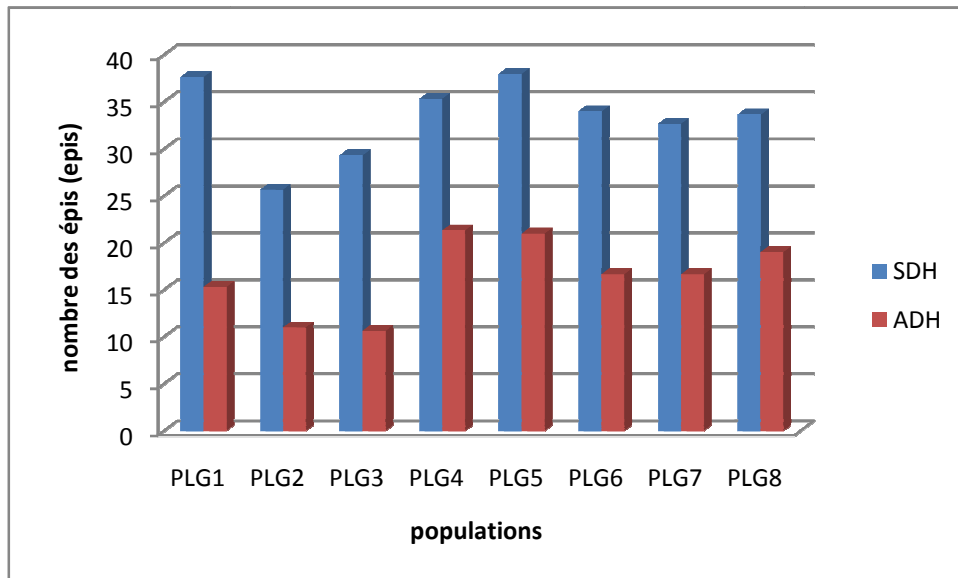


Figure5: Variation du nombre des épis des huit populations de *Plantago albicans*

Entre deux régimes SDH et ADH

1.1.3 Début d’épiaison des plantes :

Le stade d’épiaison débute chez le régime irrigué (SDH) avant le régime (ADH), avec une valeur maximale de (122,33)j chez PLG8 et une valeur minimale de (116.66)j enregistrée chez PLG2, avec une moyenne de (119 ± 3.45)j. (Fig. 06).

Par contre chez le régime ADH le stade d’épiaison connaît un retard. Ceci est confirmé par les résultats du tableau n° 4. ou la valeur minimale est observée dans PLG8

(126,33) J, tandis que la valeur maximale est enregistrée chez PLG3 (130,66) J, avec une moyenne de $(128,33 \pm 3,15)$ J. Des valeurs proches entre elles sont observées chez les autres populations (Fig. 06).

L'analyse de la variance effectuée entre les deux régimes (SDH et ADH) montre qu'il y a une différence très hautement significative. Par contre cette différence est non significative dans l'interaction (population \times Régime) (Tab02-Annexe1).

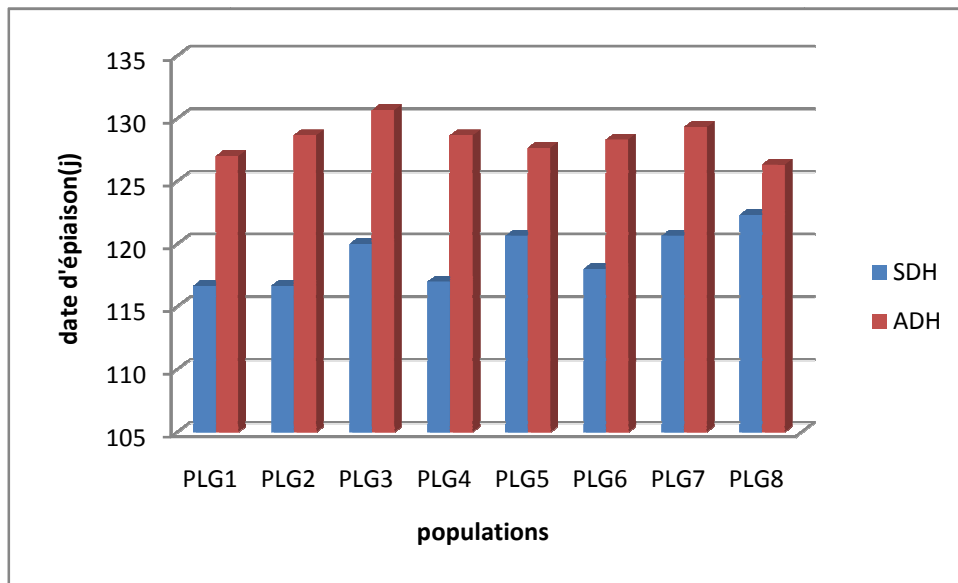


Figure6: Variation le début d'épiaison des huit populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime stressé ADH, alors que le groupe B représente le régime SDH (Tab.02, Annexe1).

1.1.4 Début de floraison des plantes :

le début de floraison est notée chez le régime (SDH) avec valeur maximale (150,66) j chez la population 3 et de valeur minimale (144,66)j chez la population 7, ce régime a une moyenne de $(146,875 \pm 3,15)$ j, les autres populations présentent des valeurs très proches entre elles (Fig.07).

Par contre chez le régime ADH, la valeur minimale est observée dans PLG4 et PLG7 (147,33) J, tandis que la valeur maximale est enregistrée chez PLG6 (149) J, avec une

moyenne de $(148,083 \pm 3.28)J$. Des valeurs proches entre elles sont observées chez les autres populations (Fig.07).

l'analyse de la variance effectuée montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les deux régimes (SDH et ADH) . Par contre cette différence est non significative dans l'interaction (population \times Régime) (Tab.03, Annexe1).

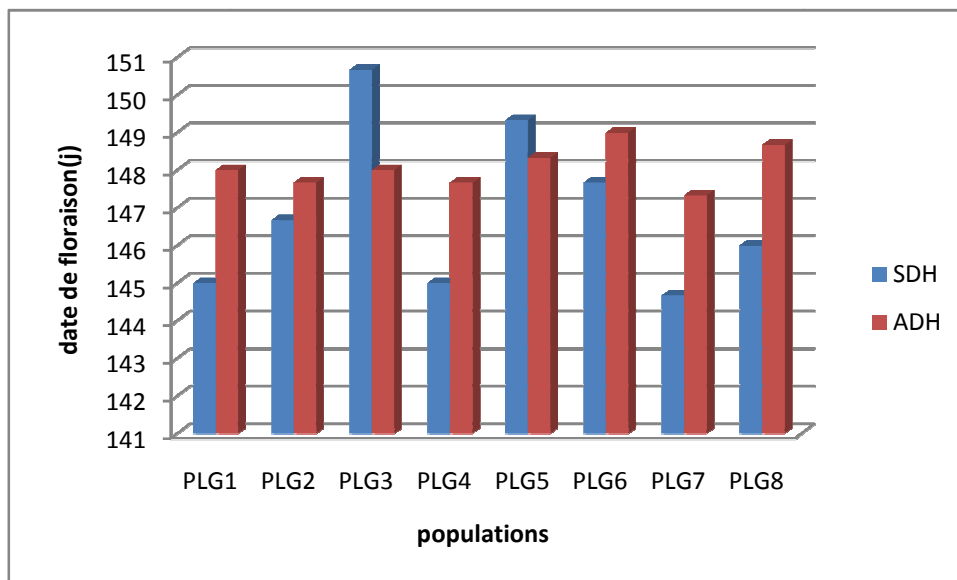


Figure7: Variation des débuts de floraison des huit populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime stressé ADH, alors que le groupe B représente le régime SDH (Tab.03, Annexe1).

1.1.5 La fin de floraison des plantes :

La fin de floraison est notée chez le régime à déficit hydrique ADH avec un minimum $(159,33) j$ chez PLG1 et un maximum chez PLG2 à $(167,66)j$ et une moyenne $(162,250 \pm 4,57) j$ (tableau4). Les autres populations présentent des valeurs à différence significative (Fig.08).

La fin de floraison chez le régime SDH est de moyenne $(166,70 \pm 8,02)j$ avec une valeur minimum $(157,33)j$ enregistrée chez la population 5 et une valeur maximum $(175)j$ chez la population 3. Les autres populations présentent des valeurs proches entre elles (Fig08) .

L'analyse de la variance effectuée montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les deux régimes (SDH et ADH) et une différence significative entre les populations (Tab.07, Annexe1).

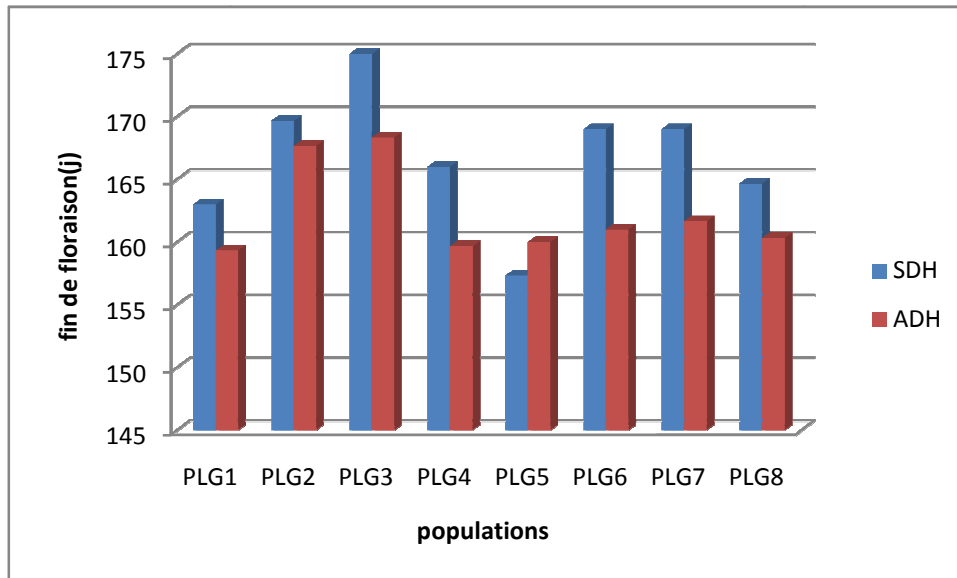


Figure8: Variation des fins de floraison des huit populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime SDH , alors que le groupe B représente le régime stressé ADH(Tab.07, Annexe1).

1.1.6 Variation de la longueur des feuilles :

Le tableau n^o 3 montre une diminution de la longueur des feuilles de différentes populations étudiées dans le régime stressé ADH par rapport au régime SDH.

Dans toutes les conditions d'irrigation, la population (4) représente la plus grande longueur 18,56 cm par contre la population (7) représente la plus petite longueur 12,78cm. Les valeurs de la longueur des feuilles enregistrées chez les autres populations étudiées présentent de la différence hautement significative avec une moyenne de (14,22±2,48) cm (Fig09).

Sous les conditions non irriguées, nous avons observé une diminution de la longueur des feuilles chez les différentes populations testées au niveau du stress (80%), les valeurs obtenues très proches entre elles s'étalent de (9,28) cm chez (la populations7) à (12,31) cm chez (population5). La moyenne de ce régime est de (11,058± 1,47) cm (Fig09).

La comparaison des moyennes de la surface foliaire et l'analyse de variance montrent qu'il existe une différence très hautement significative entre les deux régimes hydriques (SDH et ADH) et une différence significative entre les populations (Tab.04, Annexe1).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime non stressé SDH, alors que le groupe B représente le régime ADH.

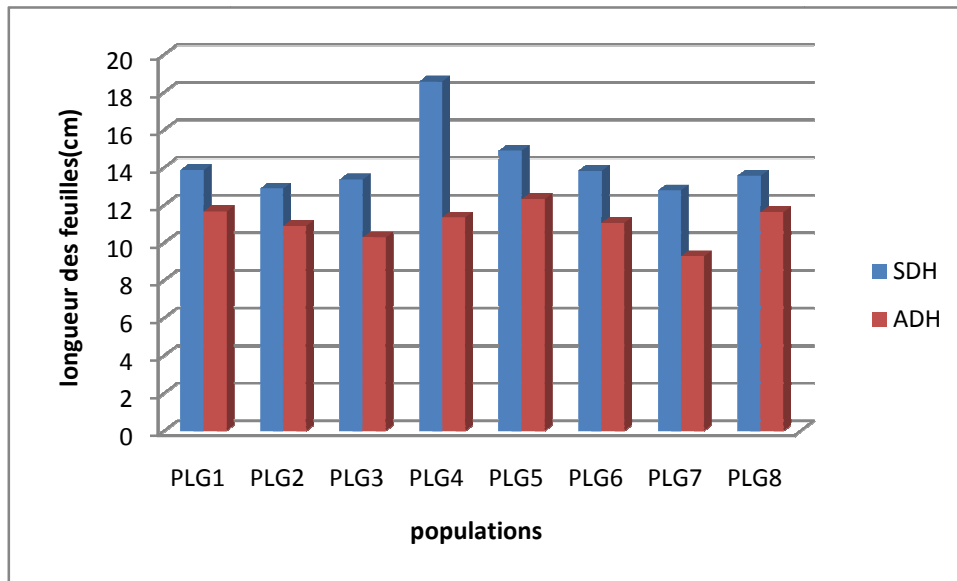


Figure 9: Variation de la longueur des feuilles chez les huit populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

1.1.7 Variation de la largeur des feuilles :

Dans toutes les conditions d'irrigation, la population (5) représente la plus grande largeur 1,81 cm par contre la population (4) représente la plus petite largeur 1,46 cm, les valeurs de la longueur des feuilles enregistrées chez les autres populations étudiées présentent des valeurs très proches entre elles avec une moyenne est $(1,638 \pm 0,23)$ cm (Fig.10).

Sous les conditions non irriguées, nous avons observé une diminution de la largeur des feuilles chez les différentes populations testées au niveau du stress (80%). Les valeurs obtenues sont très proches : elles s'étalent de (0,88)cm chez (la population1) à (1,41)cm chez (population7) avec de moyenne $(1,142 \pm 0,27)$ cm (Fig.10).

La comparaison des moyennes de la largeur des feuilles et l'analyse de variance montrent qu'il existe une différence très hautement significative entre les deux régimes

hydriques (SDH et ADH) et cette différence est non significative entre l'interaction (population×Régime) (Tab.05, Annexe1).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime non stressé SDH, alors que le groupe B représente le régime ADH.

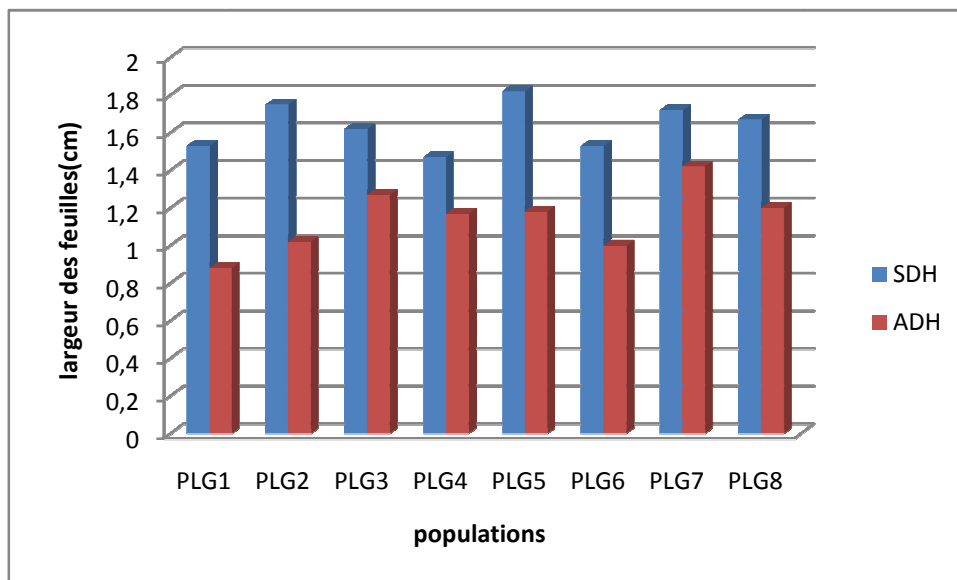


Figure10: Variation de la largeur des feuilles chez les huit populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

1.1.8 Variation de la longueur des épis :

Le tableau n° 3 montre une diminution importante de la longueur des épis de différentes populations étudiées entre les deux régimes.

Dans toutes les conditions d'irrigation, la population (2) représente la plus grande longueur (17,67) cm par contre la population (8) représente la plus petite longueur (9,50) cm, les valeurs de la longueur des épis enregistrées chez les autres populations étudiées présentent des valeurs très proches entre elles avec une moyenne (13,91±3,52) cm (Fig.11).

Sous les conditions non irriguées, nous avons observé une diminution de la longueur des épis chez les différentes populations testées au niveau du stress (80%), les autres valeurs obtenues très proches entre elles s'étalent de (4,91) cm chez (la populations4) à (6,83) cm chez (population1), la moyenne de ce régime est (6,07± 1,25) cm (Fig.11).

La comparaison des moyennes de la longueur des épis et l'analyse de variance montre qu'il existe une différence très hautement significative entre les deux régimes hydriques (SDH

et ADH) et une différence significative entre les populations et hautement significative à l'interaction (population×Régime) (Tab.06, Annexe1).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime non stressé SDH, alors que le groupe B représente le régime ADH

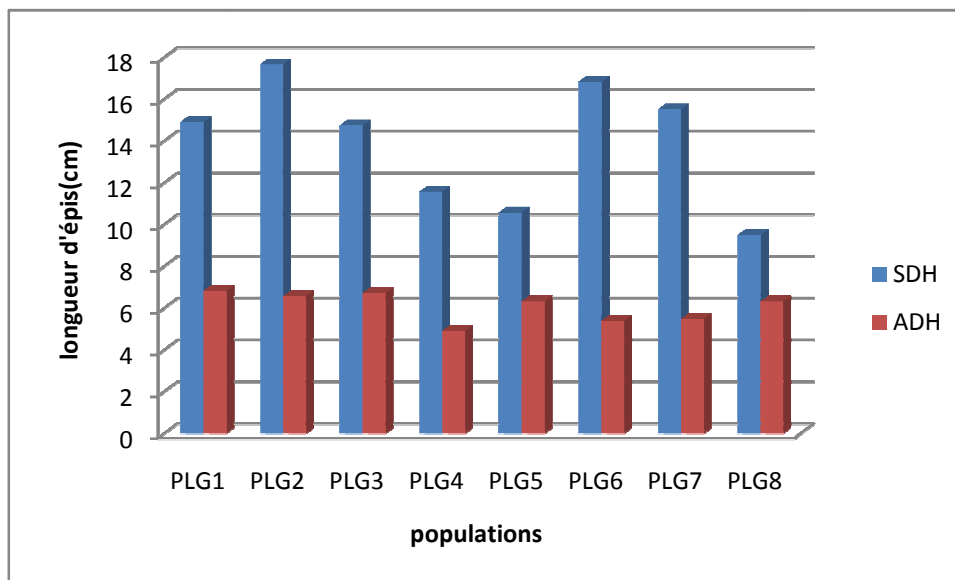


Figure11: Variation de la longueur des épis chez les huit populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

1.1.9 Variation des nombres des nouveaux plateaux des talles :

Le tableau n°3 montre que le nombre des nouvelles talles plus élevé est noté chez le régime irrigué (SDH), avec une valeur maximale de (50,66) T chez PLG4 et une valeur minimale de (25)T enregistrée chez PLG6, avec de moyenne (37,50 ± 20,20) T. Des valeurs proches entre elles sont observées chez les autres populations. (Fig. 12).

Au régime ADH (80% de CC), la valeur minimale est observée dans PLG2, alors que la valeur maximale est enregistrée chez PLG4 avec de moyenne (11,167 ± 7,36)T les valeurs enregistrées chez les autres populations ont du différence significative entre elles (Fig.12).

La comparaison des moyennes du nombre des nouvelles talles et l'analyse de variance montrent qu'ils existent une différence très hautement significative entre les niveaux de stress (SDH et ADH) (Tab.08, Annexe1).

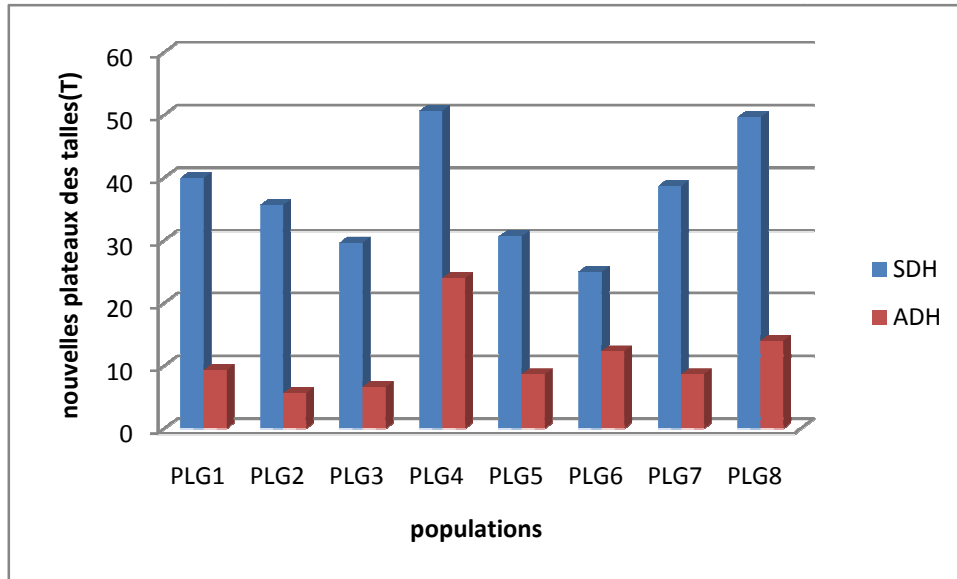


Figure12: Variation du nombre des nouveaux plateaux des talles chez les huit Populations de *Plantago albicans* entre deux régimes SDH et ADH

1.1.10 Variation de la surface foliaire (cm²) :

Le tableau n^o 3 montre une diminution importante de la taille des feuilles de différentes populations étudiées au niveau des deux régimes hydriques.

Dans toutes les conditions d'irrigation, les populations (1 et 8) représentent la surface foliaire la plus grande par contre la population 6 représente la surface la plus petite par rapport aux autres populations étudiées (2, 3, 4, 5, 7) qui sont très proches entre elles. La population 6 est moins affectée par cette contrainte (Fig.13).

Les valeurs enregistrées de la SF chez SDH s'étalent de (9,33± 2,08), (9,33±0,58) cm² (populations 1 et 8) à (6,33± 2,52) cm² (population 2) les valeurs enregistrées pour les autres populations sont semblables (Fig13)

Sous les conditions non irriguées, nous avons observé une diminution de la surface foliaire chez les différentes populations testées au niveau du stress (80%), les valeurs obtenues très proches entre elles s'étalent (3,67±0,58) cm² / (3,67±1,53) cm² / (3,67±0,01) cm² chez (les populations 8, 6, 3) à (5,66±1,58) (population 1) les valeurs de surface foliaire sont très proches entre elles pour les populations de ce régime.

La comparaison des moyennes de la surface foliaire et l'analyse de variance montrent qu'ils existent une différence très hautement significative entre les deux régimes hydriques

(SDH et ADH) et une différence significative à l'interaction (population × Régime) (Tab.10 Annexe1).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes, le premier groupe A représente le régime non stressé SDH, alors que le groupe B représente le régime ADH.

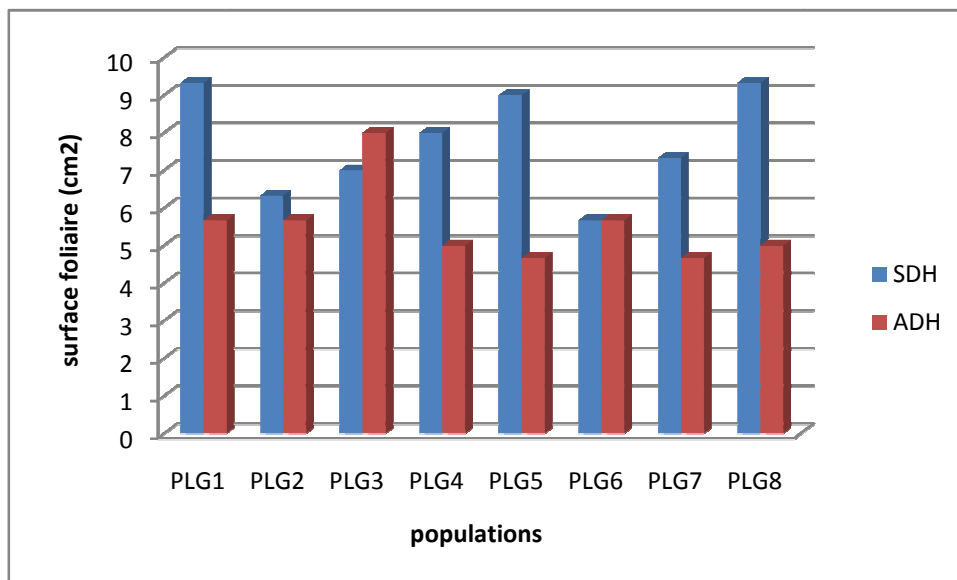


Figure 13 : Variation de la surface foliaire des huit populations de *Plantago albicans* soumis au niveau de deux régimes hydriques SDH et ADH.

Discussion :

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété par des modifications morphologiques, ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine : réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles et meilleur développement du système racinaire (**Slama, 2005**). (**Granier et al., 2000**) ont rapporté que les feuilles des plantes soumises au déficit hydrique atteignent habituellement des tailles finales apparentes plus petites par rapport aux contrôles ou témoin.

Il existe une large gamme des mécanismes de tolérance à la sécheresse qui ne sont pas exclusifs les un des autres et qui peuvent même être complémentaire (**Jones & al., 1980**). Ces mécanismes sont d'ordre phénologique, morphologique, physiologique.

Au régime ADH, quand le stress hydrique est très important on remarque la réduction de la surface foliaire ce qui entraîne la réduction de la taille des feuilles (sa longueur et sa largeur) est un mécanisme de réduction des besoins en eau (**Perrier & al., 1961**). (**O'toole &**

Cruz ,1980), montrent que l'enroulement des feuilles entraîne une diminution de 40% à 60% de la transpiration.

La glaucescence, pilosité, cire et barbes des feuilles et la présence de cire induisent une augmentation de la réflectance qui conduit à une réduction des pertes en eau. (**Clarke & al.,1989**) montrent que la glaucescence réduit le taux de déperdition d'eau (transpiration cuticulaire) en conditions sèches et que les variétés qui ont une glaucescence élevée donnent dans ces conditions, des rendements plus élevés que les variétés à faible glaucescence. (**Clarke & Richards ,1988**), montrent que la glaucescence réduit la transpiration résiduelle de 10% en moyenne. La glaucescence, la pilosité des feuilles ou des tiges, la couleur claire des comparaisons de deux lignées isogéniques pour ce caractère montre que les quantités de cire épicuticulaires et la glaucescence influent également sur la transpiration résiduelle, celle-ci étant supérieure de 30% chez la lignée non glaucescente et à faible teneur en cire.

Les résultats montrent que le stress hydrique a un effet hautement significatif sur le nombre et la longueur des épis des populations testées, on remarque une réduction du nombre et de la longueur des épis au niveau du régime stressé, la durée de floraison est courte (**Chinoy 1960**) conclut à une réduction de la vitesse de développement au cours de stress hydrique. (**Angus et Moncur ,1977**) ont démontré le développement prenait du retard. Ils ont aussi observé que cet effet était plus marqué pour les talles que pour le maître brin et, en conséquence, la floraison est plus longue dans le cas de déficits hydriques moyens ou longs.

Le tallage est l'un des principaux facteurs déterminant le rendement en grains chez les céréales (**Hucl & Baker, 1989**) et une carence hydrique précoce durant la phase végétative réduit le nombre et la taille des talles chez le blé (**Davidson & Chevalier, 1990**), (**Stark & Longley, 1986**) et (**Blum & al., 1990**). Un déficit hydrique à la montaison se traduit par la régression du nombre d'épis par m², la régression intense des talles et/ou la diminution du nombre de grains par épi (notamment par accroissement du taux d'avortement des épillets et l'induction de stérilité mâle) (**Slama & al., 2005**).

L'analyse de la variance révèle des différences très hautement significative entre les deux régimes avec un coefficient de variation moyen, les résultats montrent la réduction de la surface foliaire chez les différentes populations dans le régime stressé ; c'est une forme d'adaptation à la sécheresse selon (**Arrandeu, 1989**), la réduction de la surface foliaire tend à minimiser les pertes d'eau par transpiration et selon (**Lebon et al., 2004**) la surface foliaire est un déterminisme important de la transpiration. Une des premières réactions des plantes au

déficit hydrique est de réduire la surface foliaire. Le développement végétatif sous conditions limitantes d'alimentation hydrique est fortement perturbé (Ferryra et al., 2004), on note principalement une diminution importante de la taille et de la surface foliaire. Cette diminution est une des réponses des végétaux à la déshydratation, elle contribue à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie de la plante (Lebon et al., 2004).

1.2 Variation des paramètres physiologiques et biochimique:

1.2.1 Variation de la teneur relative en eau % :

Une comparaison de l'évolution de la teneur en eau des huit populations de *plantago* étudiées entre les deux régimes SDH et ADH a montré que la teneur relative en eau diminue au fur et à mesure que le déficit hydrique s'accroît. (tableau3)

Les teneurs en eau les plus élevées sont notées chez SDH avec une valeur maximale de (73,94)% enregistrée chez la population 4 et une valeur minimale(44,59)% enregistrée chez population 6 avec une moyenne ($60,390 \pm 9,00$) % (Fig.14)

Au niveau de régime ADH la valeur minimale est observée dans la population4 (20,23)% et une valeur maximale enregistrée chez la population 1 avec du moyenne ($38,910 \pm 10,00$)% (Fig.14)

L'analyse de la variance au facteur régime hydrique donne une différence très hautement significative et au facteur interaction (population \times Régime) donne une différence significative (Tab.12, Annexe1).

Le test de NEWMAN- KEULS au seuil 5% pour le facteur traitement (niveau du stress) indique 2 groupes homogènes : groupe A pour SDH et groupe B pour le régime ADH.

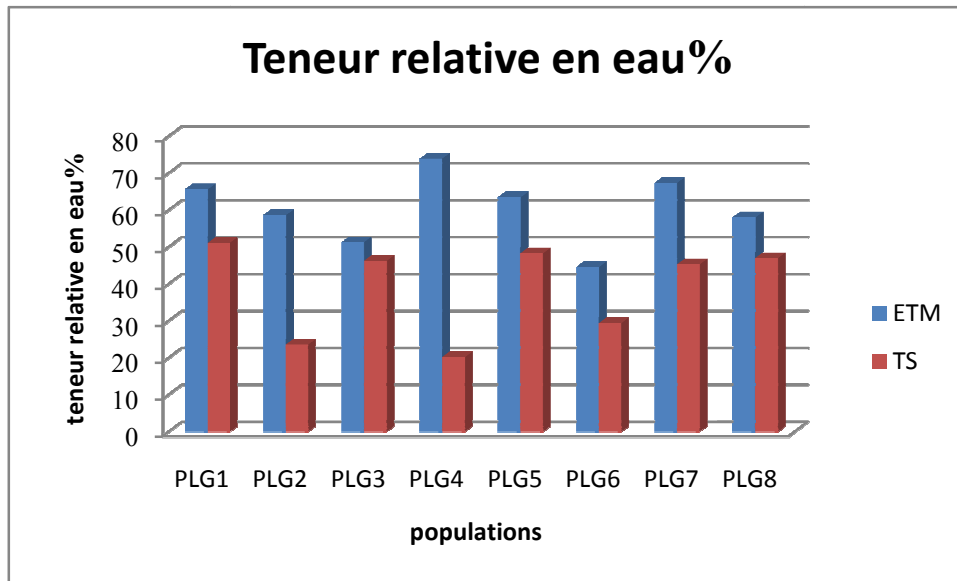


Figure 14 : variation de la teneur relative en eau des huit populations de *plantago albicans* soumis à un niveau de stress hydrique

Discussion :

Les résultats ci-dessus révèlent des différences très hautement significative entre les régimes La variabilité inter population est faible et le stress hydrique appliqué a causé une réduction importante de la teneur en eau relative selon (Clark et Mac-Caig,1982) qui attirent l’attention sur l’utilisation de la teneur relative en eau comme indicateur de l’état hydrique de la plante sous stress.

Le manque d'eau est un élément déterminant pour la croissance des plantes, Particulièrement en région arides et semi arides. Il induit chez les plantes stressées une diminution du contenu relatif en eau (Albouchi et al., 2000)

1.2.2 Variation du taux de la chlorophylle totale (unité de SPAD) :

Le taux de la chlorophylle totale diminue corrélativement au fil de degré de stress hydrique chez les différentes populations étudiées (tableau 3)

Sous conditions de bonne alimentation hydrique, on note que les valeurs du TCT sont élevées par rapport au régime SDH, la population 1 représente TCT le plus élevé (45,47) unité SPAD , par contre la population 3 représente TCT plus faible (35,25) unité de SPAD avec une moyenne (40,62±6,16) unité de SPAD (Fig.15)

Sous les conditions de stress (80% de CC), on remarque que tous les populations testés ont diminué leur TCT par rapport au SDH, cette diminution devient très importante chez les

populations(3, 6, 4) les valeurs du TCT se situent à un maximum de (29,91) unité de SPAD chez population 7 et à minimum (24,44) unité de SPAD chez population 3 avec la moyenne (26,965±4,41) unité de SPAD (Fig.15)

La comparaison des moyennes du TCT et l'analyse de variance montrent qu'il existe une différence très hautement significative entre les deux régimes (SDH et ADH).

En plus, l'analyse de variance montrée qu'il ya une différence non significative entre l'interaction (population × Régime) selon (Tab.11, Annexe1).

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2 groupes homogènes. Le groupe A représente le régime SDH à un TCT plus élevé et le groupe B présente le régime ADH à un TCT faible.

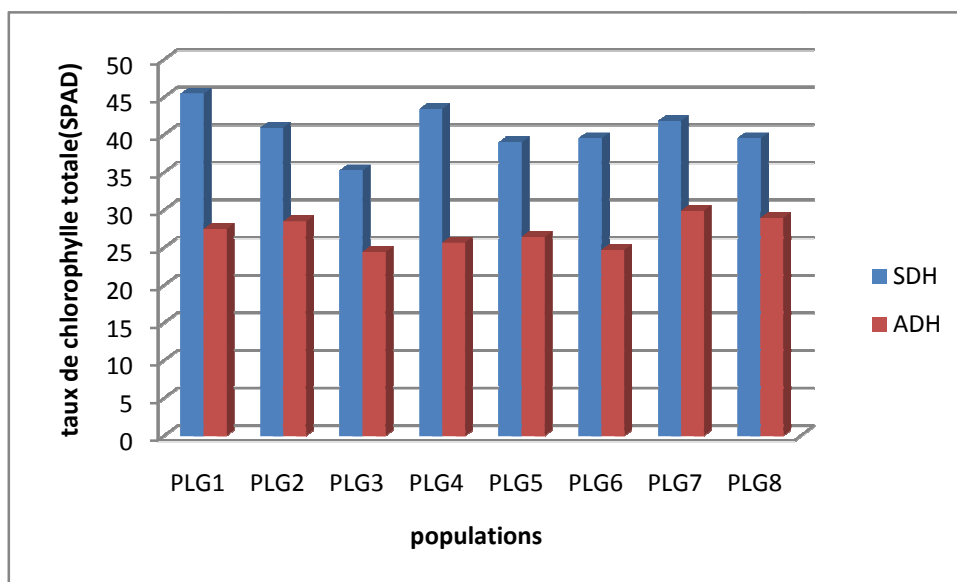


Figure 15 : variation du taux de la chlorophylle totale des huit populations de *plantago albicans* soumis à un stress hydrique.

Discussion :

Les résultats montrent l'existence de différence hautement significative entre les régimes et ces résultats indiquent la diminution du taux de la chlorophylle totale chez le régime stressé.

Selon (**Hireche, 2006**) les différentes observations de la teneur en chlorophylle totale entre les génotypes sont liées à la tolérance au stress hydrique, il montre dans ses travaux sur la luzerne que la variété *Dessica* a tendance à lutter contre le stress hydrique en baissant sa teneur en chlorophylle. Alors que la variété *Moapa* implique une stratégie inverse (**Siakhène,**

1984). L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984). Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et al., 2009). La quantité de la chlorophylle des feuilles peut être influencée par beaucoup de facteurs tels que l'âge des feuilles, la position des feuilles, et les facteurs environnementaux tels que la lumière, la température et la disponibilité en eau (Hikosaka et al., 2006)..

1.2.3 Variation de la teneur en proline :

Le tableau n^o 3 montre le comportement des huit populations de *plantago albicans* soumis à un niveau de stress hydrique par la teneur en la proline

En condition de bonne alimentation hydrique, on constate que les teneurs en proline restent faible et relativement proches d'une population à une autre avec un maximum de (0,61) µg/100g enregistrée chez population 2 et un minimum (0,42) µg/100g enregistrée chez population 6.

Dans le régime ADH, on remarque que les différents populations testées enregistrent des teneurs en proline proches et peu élevées que SDH, les valeurs s'étalent de (1,37) µg/100g enregistrées chez population 2 à (0,77) µg/100g enregistrées chez la population 5.

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenues révèle l'existence de différence très hautement significative entre les 2 niveaux de stress et aussi une différence non significative pour l'interaction (population × Régime) selon (Tab.09, Annexe1)..

Le test **NEWMAN-KEULS** au seuil 5% classe le facteur niveau de stress en 2groupes homogènes, groupe A correspond le régime stressé ADH qui caractérise l'accumulation de la proline le groupe B correspond le régime non stressé SDH (Tab.09, Annexe1).

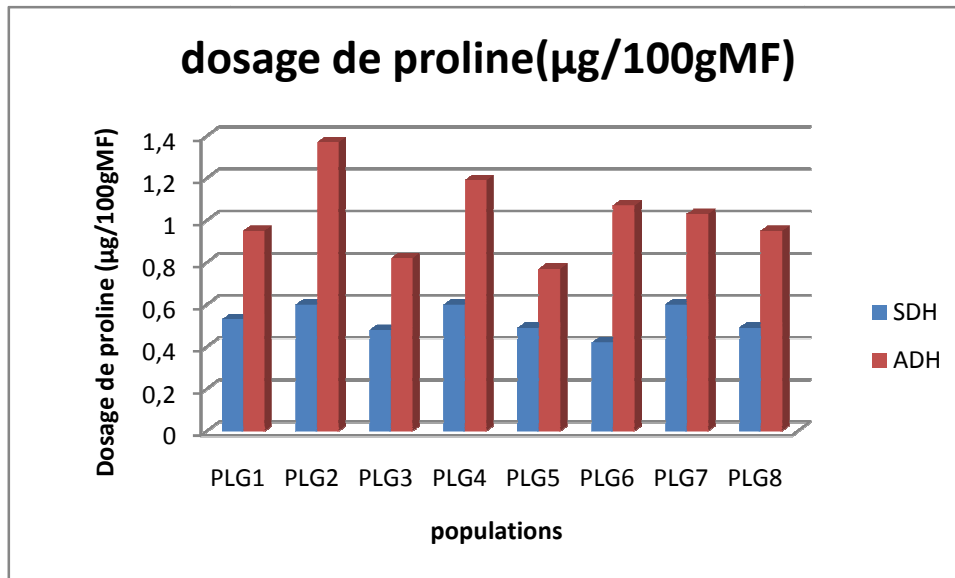


Figure16 : l'évaluation de la teneur en proline des huit populations de *Plantago albicans* soumis à un niveau de stress hydrique.

Discussion :

L'analyse de résultats de la proline permet de mettre en évidence un effet hautement significatif entre les régimes, sur l'accumulation de la proline foliaire, le coefficient de variation est moyen, le stress hydrique appliqué a provoqué une augmentation considérable de l'accumulation de proline par rapport au régime stressé, cette accumulation de soluté organique (proline) n'est autre qu'un phénomène d'adaptation à la sécheresse, permettent à la plante de maintenir sa turgescence par la diminution du potentiel hydrique c'est une forme ajustement de son potentiel hydrique (Monneveux, 1989), ce type de tolérance permet à la plante d'assurer normalement ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique interne consécutive à la sécheresse (De Raissac, 1992)

Plusieurs auteurs montrent que l'augmentation de la teneur en proline est reliée directement à l'application du stress hydrique (Cechin et al., 2006). L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (osmotiques, hydriques, thermiques) (Blum, 1996). Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savouré et al., 1995). Cette corrélation négative entre l'accumulation de la proline et l'humidité du sol est observée chez différentes espèces de blé dur (Nouri, 2002), chez la luzerne (Hireche, 2006). Il apparaît que la proline peut conférer la tolérance des plantes aux stress par le développement d'un système antioxydant qui peut jouer un rôle d'indicateur d'ajustement osmotique (Eliane et al., 2007).

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

Notre essai porte sur l'étude de la tolérance de *Plantago albicans*. L. au stress hydrique.

1. Le matériel végétal:

Le matériel végétal utilisé est constitué de huit 8 populations spontanées de *Plantago albicans* d'origine issues d'une prospection réalisée en 2009 par une équipe de l'INRAA au niveau des steppes centrales algériennes.

2. La conduite et organisation de l'essai :

L'essai s'est déroulé à la station expérimentale au niveau du laboratoire de la Division des ressources phytogénétiques à l'Institut National Agronomique Algérienne (INRAA) à Baraki,

3. Le dispositif expérimental:

3. 1. Préparation des pots et le semi :

Le semis a été effectué le 31-10-2012 dans des pots en plastique de 5 Kg, avec une densité de 06 graines, sous une serre en verre. Les pots ont été remplis par un mélange de: 1/3 de sable et 1/3 de sol et 1/3 de terreau. Après la levée, nous avons procédé à l'élimination de trois en laissant deux à trois plantes par pot. Les pots sont répartis en randomisation totale avec 3 répétitions de chaque population sous deux modalités de régimes hydriques. Chaque régime est réparti à raison de 24 pots / régime.

Tableau 2: Répartition des pots des populations du *Plantago* par randomisation totale

1	P3R1	P4R1	P1R2
2	P4R3	P6R1	P7R1
3	P8R1	P2R3	P6R2
4	P5R2	P4R2	P7R3
5	P7R2	P1R1	P2R1
6	P3R3	P8R3	P3R2
7	P6R3	P5R3	P8R2
8	P2R2	P1R3	P5R1

3. 2. Détermination et application des niveaux de stress :

Les pots ont été placés sous serre sans aucun apport d'engrais. Ils sont irrigués régulièrement 2 fois par semaine jusqu'à stade de montaison. A ce stade, le stress hydrique est appliqué par l'arrêt de l'irrigation jusqu'à l'obtention le niveau de stress hydrique (80% de la capacité au champ). Les quantités d'eau des deux traitements sont complétées toujours après pesée des pots.

Niveau 1: ou SDH, représente le régime non stressé, où les plantes ne manquent d'eau à aucun moment du cycle, et sont conduites en régime d'évapotranspiration maximale (ETM).

Niveau 2: ou ADH, représente le régime stressé à partir au stade montaison jusqu'à la fin du cycle.

*La capacité au champ :

Définition:

La **capacité au champ** est la capacité de rétention maximale en eau du sol. Elle correspond plus précisément à la quantité d'eau retenue, après 48 heures d'égouttement de l'eau libre vers la nappe phréatique, par un sol préalablement gorgé d'eau (par des pluies ou un arrosage intensif).

La quantité totale d'eau retenue dépend essentiellement de la texture du sol et de sa profondeur. Ainsi, par exemple, un sol argilo-calcaire d'une profondeur de 400 mm, d'une densité de 1,2 et d'une capacité de rétention de 30 g d'eau pour 100 g de terre fine et sèche retiendra : $400 \times 1,2 \times 30 \% = 144 \text{ mm}$

L'eau excédentaire descend vers la nappe phréatique, plus ou moins vite suivant la perméabilité du sol, qui dépend de la texture du sol, mais également de sa structure (sol tassé, sol ameubli ayant une bonne porosité, etc.). La capacité au champ et la perméabilité sont des données très importantes pour l'irrigation : la capacité intervient pour calculer la dose d'arrosage et la perméabilité pour déterminer la vitesse d'arrosage.

Pour calculer ces niveaux d'irrigation par apport à la capacité au champ du pot, nous avons pesé des pots contenant 5Kg de substrat sec utilisé dans l'expérimentation, ensuite on prend une capsule vide et on la pèse et qui correspond le poids P_0 (P_0 = poids du capsule vide) après nous avons rempli cette capsule par sol sec et nous donne P_1 . Ensuite nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation tout en couvrant les capsules à l'aide d'un plastique noir pour éviter l'évaporation de l'eau par la surface. Après 24h de repos, cette capsule est pesé de nouveau P_2 (P_2 = poids à saturation). La différence entre P_2 et P_1 est la quantité d'eau retenue par le sol et représente la capacité au champ des pots. On estime la capacité au champ (C.C) par l'équation suivante:

$$H_{cc} = (P_1 - P_2 / P_2 - P_0) \times 100$$

Mesure de la capacité au champ:

P_0 = 30.16 g capsule vide

P_1 = 61.16 g capsule remplie

P_2 = 53.19 g après l'étude durant une nuit.

Donc : $H_{cc} = (P_1 - P_2 / P_2 - P_0) \times 100$

$H_{cc} = (61.32 - 53.19 / 53.19 - 30.19) \times 100$

$H_{cc} = 27.44 \%$

***Capacité de Rétention :**

Volume d'eau retenu dans un sol, qui ne s'écoule pas sous l'action de la gravité.

La détermination de cette capacité se fait en partant d'un sol saturé en eau et en laissant l'eau s'écouler librement. Quand l'écoulement libre cesse, on dit que le sol est à la capacité de rétention. La teneur en eau correspondante peut être déterminée en laboratoire ou sur le terrain. Dans ce dernier cas, on parle de « capacité de rétention au champ ».

La capacité de rétention en eau n'a pas de signification physique précise autre que celle de correspondre à un état hydrique où la plus grande partie de l'eau est retenue par des forces capillaires. Sa valeur dépend des conditions expérimentales utilisées en laboratoire ou, sur le terrain, des caractéristiques géo-pédologiques.

Mesure de la capacité de Rétention :

P : 32.60 g capsule vide.

Pn : 83.47 g capsule remplie après centrifugation.

Ps : 67.74 g après une nuit à l'étude.

$$Hc = (Pn - Ps / Ps - P) \times 100$$

$$Hc = (83.47 - 67.74 / 67.74 - 32.60) \times 100$$

$$Hc = 29.60\%$$

Traitement SDH:

Représente le traitement non stressé, ou les plantes ne manquent d'eau à aucun moment du cycle, et sont conduites en régime d'évapotranspiration maximale (ETM). Les apports d'eau d'irrigation se font tous les 2 à 3 jours selon le cycle. (planche3)

Traitement ADH:

Représente le traitement stressé à partir du début de montaison jusqu'à la fin de cycle. le stress hydrique correspond à un taux de tarissement de 80% de la réserve utile (RU). Les pots sont donc irrigués dès que le seuil de 80% du taux du tarissement est atteint. (planche3).

La détermination des besoins en eau des plantes est effectuée à partir de la moyenne de l'évapotranspiration maximale des pots lysimétriques qui sont cultivées dans les mêmes Conditions que le reste des pots de l'essai. Elle consiste à effectuer un bilan hydrique entre la quantité d'eau apportée et celle drainée au niveau de chaque pot lysimétrique:

ETM = A - D

ETM : évapotranspiration maximale de chaque pot lysimétrique .

A: apport d'eau d'irrigation pour chaque pot (ml).

D: drainage de chaque pot (ml).

Pour la détermination du taux de tarissement, le principe consiste à peser régulièrement (tous les jours) les pots en stress à partir d'un poids initial (P_i) correspondant à la capacité de rétention jusqu'à l'obtention du poids final (P_f) correspondant au tarissement de 80% de la réserve utile en eau du sol. Le poids final est déterminé selon la méthode des pesées suivantes:

$$P_f = P_i - 0.80 \text{ RU}$$

Sachant que: $P_i = P_s + Cr$

P_s: Poids sec du sol du pot (g).

Cr: Poids de l'eau du pot à la capacité de rétention (g/g du sol sec) = 29.60 %

Soit: $Cr = 0.296 \text{ g/g} = 0.296 P_s$

$$P_i = P_s + 0.296P_s = 1.296 P_s$$

$$P_s = P_i / 1.296$$

La réserve utile (RU) représente 50% de l'eau retenue à la capacité de rétention d'où :

$$RU = 0.5 \times (0.296P_s) = 0.148 P_s$$

$$RU = 0.148P_i / 1.296$$

$$RU = 0.114P_i$$

*** pour le régime ADH:**

$$P_f = P_i - 0.80 (0.114P_i)$$

$$P_f = P_i - 0.0912P_i$$

$$P_f = P_i(1 - 0.0912)$$

$$P_f = 0.908P_i$$

3. 3. Les paramètres étudiés

A partir du déclenchement du stress hydrique le 20-02-2013, plusieurs paramètres ont été étudiés sur chaque population:

3.3.1. Les caractères notés: (biométriques et phénologiques)

1. **le tallage** : nombre des talles (NT)
2. **l'épiaison** : le jour ou l'apparition du premier épi à partir la date de semis (E)
3. **la floraison** : début et fin de floraison (nombre des jours à partir la date de semis)
4. **la longueur de la feuille (LgF)** : (unité de centimètre)
5. **la largeur des feuille (LrgF)** : (unité de centimètre)
6. **La longueur des épis (Lg)**: (unité de centimètre)

3. 3. 2. Paramètres morphologiques

3. 3. 2. 1. La surface foliaire (SF « cm² »)

La surface foliaire (SF): cette mesure a été effectuée le 28-05-2013 par l'appareil du planimètre de type *At delta-t devices ltd* sur un échantillon des feuilles de la même stade .

3. 3. 3. Paramètres physiologiques

3. 3. 3. 1. La teneur relative en eau (TRE « % »)

La teneur relative en eau de la feuille a été déterminée par la méthode décrite par **(Barrs, 1968)**. Selon cette méthode, les feuilles sont coupées à la base du limbe, elles sont pesées immédiatement pour obtenir leur poids frais (PF) .Ces feuilles sont mises par la suite dans des tubes à essai remplis d'eau distillée et placés à l'obscurité dans un endroit frais, après 24h les feuilles de la même âge sont retirées, passées dans un papier buvard pour absorber l'eau de la surface, pesées de nouveau pour obtenir le poids de la pleine turgescence (PT). Les échantillons sont enfin mis à l'étuve régler à 80°C pendant 48h et pesés pour avoir leur poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par la formule suivante la formule de **(Clark et Mac-Caig, 1982)**:

$$\text{TRE (\%)} = [(\text{PF}-\text{PS}) / (\text{PT}- \text{PS})].100$$

3. 3. 3. 2. Mesure du taux de chlorophylle totale (TCT «en unité de SPAD ») :

Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles a été mesuré à l'aide d'une chlorophylle mètre SPAD 502 de Minolta. L'appareil a la forme d'une pince que l'on tient dans la main ; il est compact et léger et entre dans n'importe quelle poche. Il mémorise jusqu'à 30 mesures, qui peuvent être affichées une à une. Les valeurs classiquement retrouvées se situent entre 0 et 50 (unités SPAD). La chlorophylle mètre est utilisé pour évaluer la teneur en azote des feuilles puisque la majeure partie de l'azote est contenue dans la chlorophylle. Il suffit de fermer la pince vide sur elle-même pour étalonner l'instrument. Par la suite, trois prises de mesure sont effectuées au niveau de la feuille sur trois différents (sommet, milieu, et base). La moyenne des trois valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (unité SPAD). Sachant que le temps de chaque mesure est de l'ordre de deux secondes.

3. 3. 4. Paramètres physiologiques et biochimiques:

Les paramètres biochimiques consistent à mesurer les quantités des constituants des organes biologiques en général sucres solubles ; protéines totales ; acides aminées ; proline ; lipides ...etc.

3. 3. 4. 1. Dosage de la proline (Prol « µg/100mg MF »)

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricétohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (El Jaafari, 1993). le dosage de proline a été effectué (le 23-05-2013), en utilisant la méthode de (Trolls et Lindsley, 1955), simplifiée et mise au point par (Rasio et al., 1987). Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. L'ensemble est chauffé au bain-Marie à 85°C pendant 60mn. Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

-1 ml d'acide acétique (CH_3COOH) ;

-25 mg de ninhydrine ($\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_4$) ;

-1 ml de mélange modifié, contenant :

-120 ml d'eau distillée ;

-300 ml d'acide acétique ;

-80 ml d'acide orthophosphorique (H_3PO_4) à densité de 1.7

La solution est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure contient la proline et une phase inférieure sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na_2SO_4 anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On soumet par la suite les échantillons à une agitation au vortex . La détermination de la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre (type Shimadzu 20D) sur une longueur d'onde de 528nm. Les valeurs obtenues sont converties en taux de proline par le biais d'une « courbe étalon », préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connue. Cette courbe est utilisée pour déterminer les teneurs en proline dans les feuilles des plantes (planche 2).

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule :

$$\text{Proline } (\mu\text{g /g}) = DO_{528} \times 0.62$$

3.3. 5. Traitement et analyse statistique

Tous les essais d'expérience ont été répétés au moins trois fois, concernant les mesures des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques en relation avec la tolérance à la sécheresse. Les résultats, présentés sous forme d'histogrammes et des courbes, rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes et leurs écartypes, ces deux derniers ont été réalisés par le logiciel (*Excel2010*). L'analyse de variance à deux facteurs (facteur population , facteur traitement et leur interaction) a été réalisée par l'utilisation du logiciel spécifique « *STATISTICA* version 6 ». Les groupes homogènes ont été réalisés par le logiciel « *Excel STAT 2009* » en utilisant le test de *NEWMAN-KEUL*

Planche.01



Photos 1: Le planimètre utilisé



Photos 2: prise des mesures de la surface foliaire

Planche.02



photo1: les tubes mises pour La dosage de la proline.



Photos 2 : les tubes mises en vortex



Photos3: prise de dosage de la proline à l'aide du spectrophotomètre

Planche.03



Photo1: Populations de *Plantago albicans* non soumis au stress hydrique SDH



Photo2: Populations de *Plantago albicans* soumises au stress (ADH).

Conclusion et perspectives

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les huit populations de *Plantago albicans* testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les deux régimes hydriques, par analyse comparative de quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques. On a pu observer une diminution du nombre des talles et du nombre des épis, réduction de la surface de la feuille (sa longueur et sa largeur) et aussi diminution de la longueur des épis, réduction de la durée de floraison et aussi diminution de la teneur relative en eau et du taux de chlorophylle totale, d'autre part, une accumulation de la proline.

Les populations étudiées dans ce travail ont montré des mêmes comportements et des modes de résistance vis-à-vis des contraintes auxquelles elles ont été exposées. Les variétés résistantes se sont caractérisées par la présence de plusieurs mécanismes de résistance. Cette stratégie est efficace pour surmonter les aspects imprévisibles du climat.

Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :

- d'appliquer cette étude sur plusieurs stades de cycle de vie.
- Vérifier les résultats sur champ.
- Nous pensons qu'il serait intéressant d'envisager l'implantation de ces populations pour la création de prairies artificielles destinées à l'alimentation du bétail ainsi qu'à l'utilisation de leurs ressources génétiques pour l'amélioration de la tolérance de *plantago. L* à la sécheresse.
- d'étudier le rendement.
- de compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables.

Références bibliographiques

- 1) **Abdelguerfi .A, 2002/2003** coordonnateur m. Ramdane S.A bilans des expertises sur «la biodiversité importante pour l’agriculture en algérie » mate-gef/pnud : projet alg/97/g31 13 plantes.
- 2) **Abdelguerfi a. Et Laouar M., 1999.-** Les ressources génétiques en Algérie: un préalable à la sécurité alimentaire et au développement durable. Doc. INESG, 43p
- 3) **Abdelguerfi A., 2002.**Ressources génétiques d’intérêt pastoral et/ou fourrager ; distribution et variabilité chez les légumineuses spontanées (*Medicago, Trifolium, Scorpiurus, Hedysarum* et *Onobrychis*) en Algérie. Thèse de Doctorat d’Etat. INA. Alger, 433p.
- 4) **Abdelguerfi A., Laouar A. (2004b).** Répartition de la fétuque, du dactyle et de *Lolium* en fonction de quelques facteurs du milieu, en Algérie. *Cah. Options Méditerr.* **62**, p. 43–46.
- 5) **Acevedo , e., ceccarelli, s. 1987.** Role of physiologist-breeder in a breeding program for drought résistance conditions. In : drought resistance in cereals, baker, f. W.g. (éd.). Cab, wallingford, pp. 117-139

*Acta Hort.*664: 233- 236p.

- 6) **Aidoud a. Et Nedjraoui d. (1992).** The steppes of alfa (*stipa tenacissima* l) and their utilization by sheep. In plant animal interactions in mediterranean-type ecosystems .medecos vi, greece. 62-67.
- 7) **Albouchi A., Sebei H., Mezni M. Y. & EL Aouni M. H. 2000.** Influence de la durée d'une alimentation hydrique déficiente sur la production de biomasse, la surface transpirante
- 8) **Angus et Moncur, 1977** "Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse
- 9) **Araus jl, alegre l. Ali dib t, benlarbi m, monneveux p.** Epidermal and stomatal conductance in seedlings of durum wheat landraces and varieties. Colloque physiology-breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments, montpellier (france), 3-6 july 1989. Les colloques n°55. Paris : inra éditions, 1991.
- 10) **Arrandeau, M. 1989,** Breeding stratégies for drought. Dans : *Drought Resistance in*
- 11) **Bajji m.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et

- de variants somaclonaux sélectionnés in vitro. Thèse de doctorat, faculté des sciences, université catholique de louvain, 1999.
- 12) Bamouh a.** Gestion de la contrainte pluviométrique pour l'amélioration de la production végétale et de l'efficacité d'utilisation de l'eau. Bulletin de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture 2000 : 85-90.
- 13) Barnova I.s.,** 1969. Vlijanje bornoga pitaniya na sodershaniye nekatorych svobodnycl aminokislot vontogenese jaemenja. Iapisy leningradskogo sel'skochoz instituta, 139 : 84-90.
- 14) Barrs H. 1968.** Determination of water deficit in plant tissues. In: *Water Deficit and plantgrowth*. **Koslowski T.** *Academy Press*. New York. 235-368 p.
- 15) Belhssen , e., this, d., monneveux, p.** 1995. L'adaptation génétique face aux contraintes de sécheresse. Cahiers agricultures. 4 / 251 - 61.
- 16) Ben haj salah h, tardieu f (1995)** temperature affects expansion rate of maize leaves without change in spatial distribution of cell length. Analysis of the coordination between cell division and cell expansion. *Plant physiology* 109: 861-70.
- 17) Ben haj salah h, tardieu f (1997)** control of leaf expansion rate of droughted maize plants under fluctuating evaporative demand. A superposition of hydraulic and chemical messages *Plant physiology* 114: 893-900 .
- 18) Ben naceur m, gharbi ms, paul r.** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en tunisie en matière de céréales. *Sécheresse* 1999 ; 10 : 27-33.
- 19) Ben salem m, boussen h, slama a.** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes journées scientifiques du réseau biotech.-génie génétique des plantes, agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (aupelf/uref), orsay, 30 juin-3 juillet 1997
- 20) Bergareche c, llusia j, febrero a, bort j, araus jl.** Effect of water stress on proline and nitrate content of barley relationships with osmotical potential, carbon isotope ratio and grain yield. Colloque diversité génétique et amélioration variétale, montpellier (france), 15-17 décembre 1992. Les colloques, n°64. Paris : inra éditions, 1993.
- 21) Blum A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. **20**: 135 - 148 p.

- 22) **Blum, A., Ramaiah, S, Kanemasu, E.T, Paulsen, G.M. 1990.** Recovery of wheat from drought stress at the tillering developmental stage. *Field Crop Res* ; 24 : 67-85.
- 23) **Bonnier et layens, 1894.** Tables synoptiques des plantes vasculaires de la flore de france)
- 24) **Boudu ,cartier et corenflot ,1963,** affinités biochimiques des genres littorella et plantago. *Bull. Soc. Bot. France.* 110. 3-4 : 107-109.
- 25) **Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A. 2009.** Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Trticum durum Desf*). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.
- 26) **Boyer js (2001)** growth-induced water potentials originate from wall yielding during growth. *Journal of experimental botany* 52: 1483-1488.
- 27) **Briggo et schantz, 1912.** In heller r. Nutrition ed. Masson, 24 p. Abrégé de physiologie végétale.
- 28) **Brisson n, delecotte r.** Utilisation des modèles mécanistes de la culture comme outils de raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. In : monneveux p, ben salem m, eds. Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Colloque diversité génétique et amélioration variétale. Les colloques, n°64. Paris : inra éditions, 1992. *Can. J. Pant Sci.*, **68**: 975-982.
- 29) **Carlquist ,1970** wood anatomy of insular species of plantago and the problem of raylessness. *Bull. Torrey bot. Club.* 97.6 : 353-361.
- 30) **Cechin I., Rossi S.C., Oliveira V.C. & Fumis T.F. 2006.** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *Cereals*, Baker, F.W.G. (éd.). Cab International, Wallingford, pp. 107-116.
- 31) **Chaves mm (1991)** effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of experimental botany* 42: 1-16.
- 32) **Chaves mm, maroco jp, pereira js (2003)** understanding plant response to drought: from genes tothe whole plant. *Functional plant biology* 30: 239-264
- 33) **Chaves mm, osorio j, pereira js (2004)** water use efficiency and photosynthesis. In: bacon m, ed. *Water use efficiency in plant biology.* Oxford: blackwell publishing, 42-74.
- 34) **Chu t.m., 1978.** Accumulation of free proline at low temperatures. *Physiol. Plant.*, 43 : 254-260.

- 35) **Clarck & Mac-Caig. 1982.** Excised leaf water relation capability as an indicator of drought resistance of *Triticum* genotypes. *Can.J. Plant Sci.* **62**: 571-576 p.
- 36) **Clarke J.M., et Richards R.A. 1988.** The effect of glaucousness, epicuticular wax, leaf age, plant height, and growth environment on water loss rates of excised wheat leaves.
conditions of temperature and water status. *Plant Physiol.* **124**:1393-1402 p.
- 37) **Cornic g, le goullec jl, briantais jm, hodge m (1989)** effect of dehydration and high light on photosynthesis of two c3 plants (*Phaseolus vulgaris* L. and *Elatostema repens* (Lour.) Hall (f.). *Planta* **177**: 84-90.
- 38) **Courtois b, McLaren g, Sinha pk, Prasad k, Yadav r, Shen l (2000)** mapping qtls associated with drought avoidance in upland rice. *Molecular breeding* **6**: 55-66
- 39) dans un modèle dynamique de croissance et de développement de blé dur "Thèse de doctorat en agronomie, INRA Paris Grignon, 86 pages, pp.9-14
- 40) **Daudet f.a, 1970.** Methodes et techniques d'étude de l'état de liaison et de et de la teneur en eau dans le sol et la plante. in techniques d'études des facteurs physiques de la biosphère. inra, p. 283-311. **De Raissac, M, 1992.** Mécanismes d'adaptation à la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *Agronomie Tropicale*, **46**(1) : 29-37.
- 41) **Decaisne (1852)** in A.P. DE CANDOLLE: *Prodromus Systematis Naturalis Regni* . Xli.I. 733. deduced from that of P34cdc2 kinase activity in maize leaves grown in contrasting
- 42) **Déjardin a., Sokolov I.n. & Kleczkowski I.a. 1999** .sugar/osmoticum levels modulate differential abscisic acid-independent expression of two stress-responsive sucrose synthesis genes in Arabidopsis. *Biochem j.* **344**: 503 -509 p.
- 43) **Dyer, j.a. 1984.** Monitoring drought for grazing land managements. *J soil water conserv*; **39**: 176-8.
- 44) **El Jaafari S. 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimiques de résistance à la sécheresse chez le blé .Thèse de doctorat.Univ.Gembloux.Belgique 214p.
- 45) **Eliane Cristina G.V., Ivan S., Marcos P., Carlos A.S., Hugo Bruno C.M., Celso J.M. & Ellis R.J. 2007.** The molecular chaperone concept. *Semin. Cell Biol.* **1**: 1 - 9 p.

- 46) **Erchidi ae, benbella m, talouizte a.** Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. Options méditerranéennes, série a (séminaires et la densité stomatique d'*Acacia cyanophylla*. *Annales de l'INRGREF*. 4 : 138- 61p.
- 47) **Federov ,1967**, chromosome numbers of flowering plants.plantago : 488 -491.
- 48) **Ferryra R., Sellés G., Ruiz R.S. & Sellés I.M. 2004.** Effect of water stress induced at
- 49) **Focar , m., nguyen, h.t., blum, a. 1998.** Heattolerance in spring wheat. Grain filling. *Euphytica* 104:9-15.
- 50) **Frensch j (1997)** primary reponses of root and leaf elongation to water deficits in the atmosphere and soil solution *journal of experimental botany* 48: 985-999.
- 51) **Gadsden , h., rodríguez, ja, muñoz, c, núñez, d, hinojosa, o. 2003.** Monitoring drought in chihuahua.unam, méxico. *Voices of mexico.* ; 63: 101-8.
- 52) **Garwood ea, williams te (1967)** growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. *Journal of agricultural science* 69: 125-130.
- 53) **Gonzalez a, martin i, ayerbe l.** Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field crop res* 1999 ; 62 : 23-34.
- 54) **Gorenflot et bourdu ,1962, :** critères biochimiques et taxonomie expérimentale du genre plamagu. *Rev. Cyt. Biol. Vég.* 25 : 349-360.
- 55) **Goring h., thien b.j., 1979.** Influence of nutrient deficiency on proline accumulation in the. *Cy.to.plasm of zea mays l. _ seedlings • Biochem. Physiol., pflanzen,* 174 : 9-16.
- Granier C., Inzé D. & F. Tardieu. 2000.** Spatial distribution cell division rate can be
- 56) **Grennan A.K ; 2006.** High Impact Abiotic Stress in Rice. An “Omic” Approach; *Plant Physiol,* April 2006, Vol. 140, pp. 1139–1141.
- 57) **Guettouche,R. 1990.** Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*triticum durum* desf). Thèse diplôme d'agronomie approfondie
- 58) **Hanane tahi,** thèse présentée à la faculté pour obtenir le grade de : docteur : efficience de l'utilisation de l'eau d'irrigation chez la tomate par la technique de prd (*partial rootzone drying*) et étude des mécanismes physiologiques et biochimiques impliqués ,soutenue le 10 mai 2008
- 59) **HARMS (1895):** in Engler & Prantl: *Nat. Pflanzenfam.IV.* 3b : 373.

- 60) **Hassani A ; Dellal A ; Belkhodja M & Kaid-Harche M ; 2008.** Effets de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum vulgare*). *European journal of Scientific Research*. Vol. 23, N°1, pp. 61-69.
- 61) **Heckenberger u, roggatz u, schurr u (1998)** effect of drought stress on the cytological status in *ricinus communis*. *Journal of experimental botany* 49: 181-191.
- 62) **Henchi b.** Effets des contraintes hydriques sur l'écologie et l'écophysiologie de *plantago albicans*.l. Thèse de doctorat d'état, université de tunis, 1987.
- 63) **Hikosaka K., Ishikawa K ., Borjigidai A ., Muller O. & Onoda Y. 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* **57** : 291-302
- 64) **Hireche. 2006.** Réponse de la luzerne *Médicago sativa* (L) au stress hydrique et à la
- 65) **Houmani m., 1999.-** situation alimentaire du bétail en algérie. Inra, 4, 35-45
- 66) **Hsiao t, xu lk (2000)** sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport, *journal of experimental botany* 51: 1595-1616.
- 67) **Hsissou d.** Sélection in vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat, faculté des sciences, université catholique de louvain, 1994.
- 68) **Hubac c., 1966.** Recherche des substances inhibitrices contenues dans les caryopses immatures_ de blé *fygia*. Thèse de doctorat, paris.
- 69) **Hucl , P., Baker RJ 1989.** Tillering patterns of spring wheat genotypes grown in a semi-arid environment. *Can J Plant Sci* ; 69 : 71-9.
- 70) **IRRI, 1973.**~annual report for 1972. Los banos, philippines, 246 p.
- 71) **J. Lewalle 1978,** les plantains du sous-genre *psyllium* subgeneris *psylllll* plantagines , bulletin de l'institut scientifique, rabat - 1978 - n° 2 - p. 69 à 74.
- 72) **Jones, M.M., Osmon, B., and Turner, N.C. 1980.** Accumulation of solutes in leaves of sorghum and sunflower in response to water deficits. *Aust J Plant Physiol*, 7: 193-205.
- 73) **Kameli a, lösel dm.** Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress. *J plant physiol* 1995 ; 145 : 363-6.
- 74) **Kerguélen, 1993.** Liste synonymique de la flore de france.
- 75) **Kuiper, p.j.c. And bos, m., 1992.** *Plantago: a multidisciplinary study; ecological studies*, 89, springer-verlag. La teneur en eau dans le sol et la plante. In techniques d'études des facteurs physiques de la biosphère. Inra, p. 283-311.

- 76) **Lapeyroni, a. (1982)**. Les productions fourragères méditerranéennes. Tome-i-généralités, caractères botaniques et biologiques. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. G.p. Maisonneuve et Larose, Paris, France.
- 77) **Le Houerou h. N.(1995)**. Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. Ciheam/acct, options méditerranéennes, série b, n°10, 396 p.
- 78) **Le Houerou H.N., 1971.-** Les bases écologiques de l'amélioration fourragère et pastorale en Algérie. Report, Plant Production and protection division, FAO, Rome.
- 79) **Lebon e, pellegrino a, tardieu f, lecoeur j (2004)** shoot development in grapevine is affected by the modular branching pattern of the stem and intra and inter-shoot trophic competition. *Annals of botany* 93: 263-274.
- 80) **Lehninger a.l., 1975.** Biochemistry. Worth publishers ed., New York, 1 104 p.
- 81) **Lemaire g, denoix a (1987)** croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*Festuca arundinacea* Schreb.) Et de dactyle (*Dactylis glomerata* L.) Dans l'ouest de la France. II. Interaction entre les niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée. *Agronomie* 7: 381-389.
- 82) **Lockhart ja (1965)** an analysis of irreversible plant cell elongation. *Journal of theoretical biology* 8: 264-275.
- 83) **Luxmoore rj, millington rj (1971)** growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) In relation to water, nitrogen and light intensity. II. Effects on dry weight production, transpiration and nitrogen uptake. *Plant and soil* 34: 561-574.
- 84) **Martinez JP ; Silva H ; Ledent JF & Pinto M ; 2007.** Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *European journal of agronomy*. Jan., Vol. 26,1,p. 30-38.
- 85) **Matyssek r, tang a-c, boyer js (1991b)** plants can grow on internal water. *Plant, cell and environment* 14: 925-930.
- 86) **Mckee, t., Doesken, n., kleist, j. 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scales. Eight conference on applied climatology, Anaheim (California), 17-22 January. *Méditerranéens* 2000 ; 40 : 279-82. *Mémoire ing Agr. INA. El Harrach* : 90 p.
- 87) **Mireille sartre** préparatrice en pharmacie, mémoire ; *Plantago lanceolata* novembre 2006

- 88) **Monneveux, P. 1989**, Quelles stratégies pour l'amélioration génétique des céréales d'hiver Dans : *Jour. Scie. de l'AUPELEF*, Tunis (Tunisie), 4-9 Déc., ENSA-INRA, Montpellier, 24 pp.
- 89) **Morgan jm.** Osmoregulation and water in higher plants. Wheat conference 2-9 may, rabat, marocco. *Annu rev plant physiol* 1984 ; 35 : 299-319.
- 90) **N'da kouassi assemien, septembre 1984**, thèse : réponse physiologique du riz (*oriza sativa*) Au déficit hydrique . Etude comparée de deux types culturaux (variété pluviale, variété aquatique).
- 91) **N'da kouassi r., 1982.** Contribution à la mise au point d'un test de criblage pour la résistance à la transpiration chez le riz. Mémoire de d.a.t., es at, montpellier, 46 p.
- 92) **Nedjraoui d.(2000).** country pasture/forage resource profiles: algeria report fao, 2000, 15p.
- 93) **Nedjraoui d., 1999.-** notes de réflexions sur la politique de lutte contre la désertification en algérie. Rapport, oss, 34p.
- 94) **Nedjraoui D., 2003.** Profil fourrager de l'Algérie. 36p.
- 95) **Nemmar , m. 1980.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur (*t durum dsf*) et chez le blé tendre (*taestivum l.*) : étude l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. Thèse d.a.a. Ensa. Montpellier 63 pp.
- 96) **Ngu yen et sleper ,1983** genetic variability of seed yield and reproductive characters in tall fescue 23.4:621-626.
- 97) **Nonami h, wu y, boyer js (1997)** decreased growth-induced water potential. A primary cause of growth inhibition at low water potentials. *Plant physiology* 114: 501-509.
- 98) **Nouri L. 2002.** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf), en condition de déficit hydrique. Thèse de Magistère en biologie végétal, université de Mentouri Constantine .
- 99) **Oece.1951** développement des paturages et de la production dans les pays méditerranéen ed . Organisation européenne de coopération économique :194.
- 100) **Onillon b, durand jl, gasta f, tournebize r (1995).** Drought effects on growth and carbon partitioning in a tall fescue sward grown at different rates of nitrogen fertilization. *European journal of agronomy* 4: 91-99.

- 101) **Oram, r.n. (1991)**.register of australian herbage plant cultivars. 3 rd edition. Australian herbage
- 102) **O'toole , J.C., Cruz, R.T. 1980**. Response of leaf water potential, stomatal resistance and leaf rolling to water stress. *Plant Physiol.* 51: 993-997
- 103) **Passioura , j.b. 1977**. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J aust agric sci ;* 43: 117-20. *PHOTOSYNTHEtica* .44 (1): 143-146p.
- 104) **Pinheiro c, chaves mm, ricardo cpp (2001)** alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stem and leaves of lupinus albus l. *Journal of experimental botany*52:1063-1070
- 105) **Poorter h**. Interspecific variation in relative growth rate : on ecological consequences. In : causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants. 1989.
- 106) **Priel w., 1977**. Zur frühselektion von tomaten für den winteranbau. *Z. Pflanzenzüchtg*, 79 : 224-237
 profondeur du semis. Thèse de Magister.Univ. *EL Hadj Lakhdar*. Batna :83 p.
- 107) **Puech suzette** - fertilité, aptitudes germinatives et caryotype dans deux populations de plantago albicans l. (plantaginaceae) en tunisie. - 1987 - morphologie comparée, caryologie comparée, biologie comparée, population, plantago albicans, tunisie - 2 tab., 1 pl. , p. 145-154 - société botanique de france, bull. Soc. Bot. Fr., lettres botaniques, tome 134 - fascicule 2.
- 108) **Puech suzette** - graines, aptitudes germinatives et caryotype de populations de plantago albicans l. (plantaginaceae) de tunisie. 2. - 1988 - morphologie comparée, graine, caryologie, plantago albicans, tunisie, aptitude germinative - 1 carte, 1 tab., 1 fig. , p. 353-359 - société botanique de france, bull. Soc. Bot. Fr., lettres botaniques, tome 135 - fascicule 4-5.
- 109) **Puech suzette** - production inflorescentielles, aptitudes germinatives et garnitures chromosomiques de populations de plantago albicans l. (plantaginaceae) du maroc. - 1992 - caryologie, plantago albicans, Populations, maroc, aptitude germinative, productivité - 3 tab., 2 fig. , p. 155-160 - société botanique de france, bull. Soc. Bot. Fr., lettres botaniques, tome 139 - fascicule 2.

- 110) **QUEZEL ET SANTA 1962-1963** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, éditions du centre Nationale de la recherche scientifique 15, quai Anatole – France – Paris p 636.
- 111) **R. Pilger, 1973**, plantaginaceae, in pflanzenreich iv. 269(heft 102) Rabat, marocco. Annu rev plant physiol 1984 ; 35 : 299-319.
- 112) **Rahn, K., 1957**. Chromosome number in *Plantago*. Bot.Tideskr. 53, 369-378
- 113) **Reyes-gómez , v.m., lópez, d.n, robles, c.a.m, pineda, j.a.r, gadsden, h, ortíz, m.l, hinojosa de la garza, o.r, 2006**. Caractérisation de la sécheresse hydrologique dans le bassin- versant du río conchos (état de chihuahua, mexique). Sécheresse; 17 (4) : 475-84.
- 114) **Rossiter r c, 1966** ecology of the mediterranean annual-type pasture adv . Agron 18: 1-56.
- 115) **Saugier b, 1974**. Transport de CO₂ et de vapeur d'eau à l'interface végétation atmosphère; interaction du microclimat avec le comportement physiologique des plantes prairial. Thèse d'état, montpellier, 115 + 95.
- 116) **Savouré A., Jaoua S., Hua XueJun., Ardiles W., Van Montagu M. & Verbruggen N. 1995**. Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the DELTA 1- pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .372: 13 -19 p.
- 117) **Serpe md, mattews ma (1992)** rapid changes in cell wall yielding of elongating begonia argenteoguttata l. Leaves in response to changes in plant water status. Plant physiology 100: 1852-1857
- 118) **Siakhène N. 1984**. Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle.
- 119) **Slama , a., ben salem, m., ben naceur, m., zid, b. 2005**. Les céréales en tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Sécheresse; 16 (3) : 225-9.
- 120) **Slama a, ben salem m, zid**. La proline est elle un osmorégulateur chez le blé dur ? Communication aux 15es journées biologiques, 18-21 mars 2004, forum des sciences biologiques, association tunisienne des sciences biologiques

- 121) **Slama a.** Etude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie, faculté des sciences de tunis, 2002..
- 122) **Slama A., Ben Salem M., Ben Naceur M. & Zid E.D. 2005.** Les céréales en Tunisie : production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. (http://www.john-libbeyeuotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/11/2E/telecharger.md)
- 123) **Slayter r. 1974.** The effect of internal water status on plant growth development and yield in : plant responses to climatic factors .proc.of upsal simpsium, unesco.
- 124) **Sorrells me, diab a, nachit m.** Comparative genetics of drought tolerance. Options méditerranéennes série a (séminaires méditerranéens) 2000 ; 40 : 191-201..
- 125) **Stewart g.r., lee j.a., 1974.** The role of proline accumulation in halophytes. Planta, 120 279-289
- 126) **Subbarao , g.v., johansen, c, slinkard, a.e, nageswara, rao r.c, saxena, n.p, chauhan, y.s 1995.** Strategies for improving drought resistance in grain legume. Crit rev plant sci ; 14 : 469- 523
- 127) **Tahri e., belabed a. & sadki k. 1997.** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des arnm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.*21: 81 - 89 p.
- 128) **Tardieu f, cruiziat p, durand jl, triboï e, zivy m (2006)** perception de la sécheresse par la plante. Conséquences sur la productivité et sur la qualité des produits récoltés esco "sécheresse et agriculture" – chapitre 1.1. Pp 49-67.
- 129) **Tezara w, mitchell vj, driscoll sd, lawlor dw (1999)** water stress inhibits plant photosynthesis by deceasing coupling factor and atp. Nature 401:914-917.
- 130) **Thomas m, robertson mj, fukai s, peoples, mb (2004)** the effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. Field crops reseach 86:67-80.
- 131) **Trinchant J.C ; Boscari A ; Spennato G, Van de Sype G & Le Rudulier D ; 2004.** Proline Betaine Accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under nacl Stress. Exploring Its Compartmentalization innodules Plant Physiology, Vol. 135, pp.1583-594.

- 132) Trouverie j, thévenot c, rocher j-p, sotta b, prioul j-l (2003)** the role of abscisic acid in the response of a specific vacuolar invertase to water stress in the adult maize leaf. Journal of experimental botany 54:2177-2186.
- 133) Turner nc.** Adaptation to water deficit : a changing perspective. Aust j plant physiol 1986 ; 13 : 175-90.
- 134) Turner, n.c., wright gc, siddique k.h.m. 2001.** Adaptation of grain legume to water-limited environments. Advagron ; 71: 193-231.
- 135) Westgate me, boyer js (1985)** osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at low water potentials in maize. Planta 164:540-549.
- 136) Wilkinson s, davies wj (2002)** aba-based chemical signalling: the co-ordination of responses to stress in plants. Plant, cell and environment 25:195-210.
- 137) William g. Hopkins 1995-1999,** physiologie végétal traduction de la 2eme édition Américaine, Université catholique de Louvain 432P
- 138) Wu y, cosgrove dj (2000)** adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. Journal of experimental botany 51:1543-1553..

Sites d'internet :

- www.tela-botanica.org fiche de flore de *plantago albicans* janvier, 2013
- <http://www.pollens.fr/le-reseau/les-pollens.php> janvier, 2013

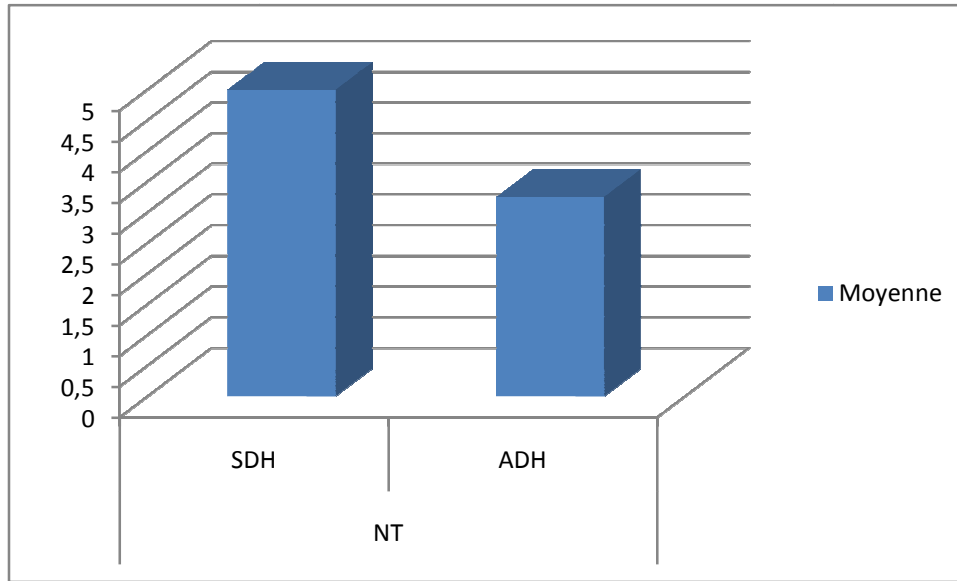


Figure2 : les moyennes cumulées du nombre des talles des huit populations selon les deux régimes

Tab.02: Comparaison des moyennes du début d'épiaison obtenue au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	63.33	9.05	0.79	0.6013
Niveau	1	1045.33	1045.33	91.40	0.0000***
Int $P \times R$	7	76.00	10.86	0.95	0.4843
Résidus	32	366.00	11.44		
Total	47	1550.67	32.99		
ET			3.38		
CV %			2.7		

groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
ADH	128,33	A
SDH	119	B

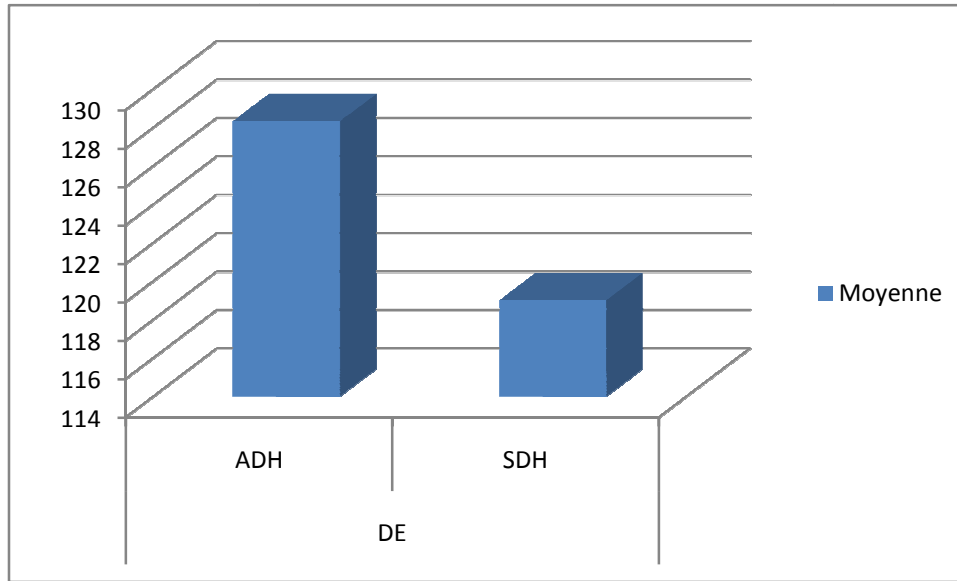


Figure3 : les moyennes cumulées des jours d’épiaison des huit populations selon les deux régimes

Tab.03: Comparaison des moyennes du début de floraison au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d’analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	63.48	9.07	1.83	0.1152
Niveau	1	17.52	17.52	3.53	0.000***
Int $P \times R$	7	44.31	6.33	1.28	0.2926
Résidus	32	158.67	4.96		
Total	47	283.98	6.04		
ET			2.23		
CV %			1.5		

* groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
ADH	148,08	A
SDH	146 ,87	B

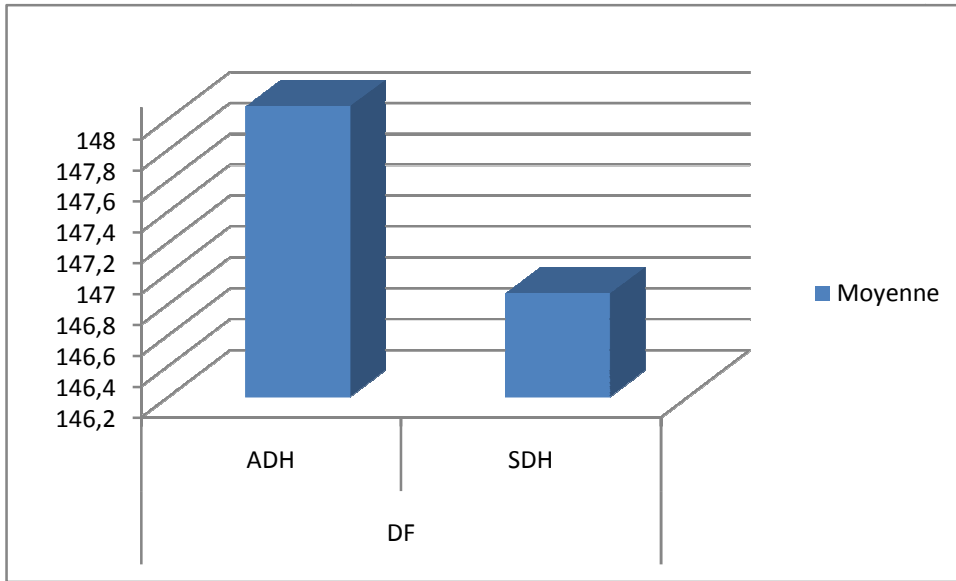


Figure3 : les moyennes cumulées des jours de floraison des huit populations selon les deux régimes

Tab.04: Comparaison des moyennes de la longueur des feuilles obtenue au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée P×R.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	61.05	8.72	2.34	0.0476*
Niveau	1	120.02	120.02	32.18	0.0000***
Int P × R	7	31.23	4.46	1.20	0.3329
Résidus	32	119.36	3.73		
Total	47	331.66	7.06		
ET			1.93		
CV %			15.3		

* groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	14,22	A
ADH	13,06	B

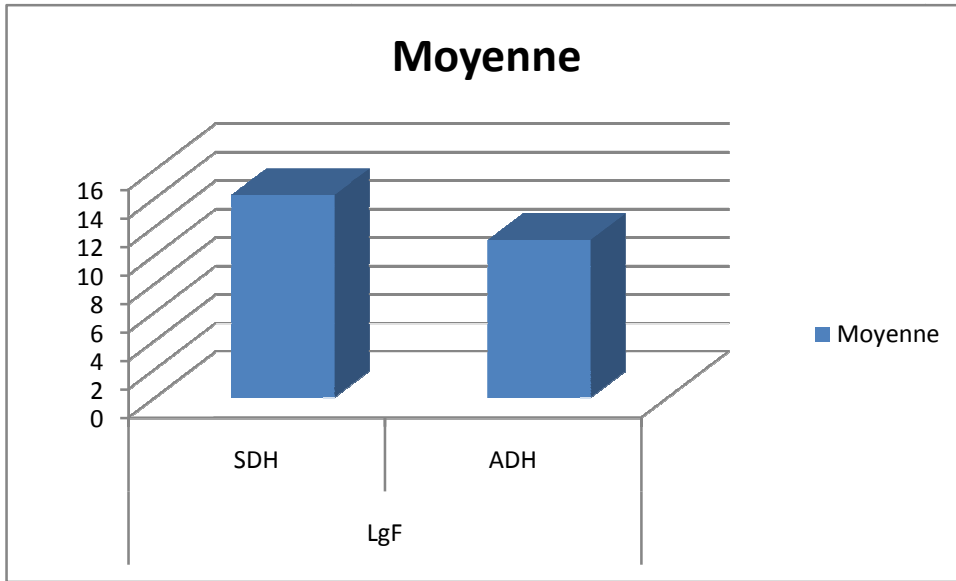


Figure4 : les moyennes cumulées de la longueur des feuilles des huit populations selon les deux régimes

Tab.05: Comparaison des moyennes de la largeur des feuilles au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	0.61	0.09	1.43	0.2260
Niveau	1	2.95	2.95	48.62	0.0000***
Int V \times N	7	0.30	0.04	0.70	0.6700
Résidus	32	1.94	0.06		
Total	47	5.80	0.12		
ET			0.25		
CV %			17.7		

* Groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	1,64	A
ADH	1,14	B

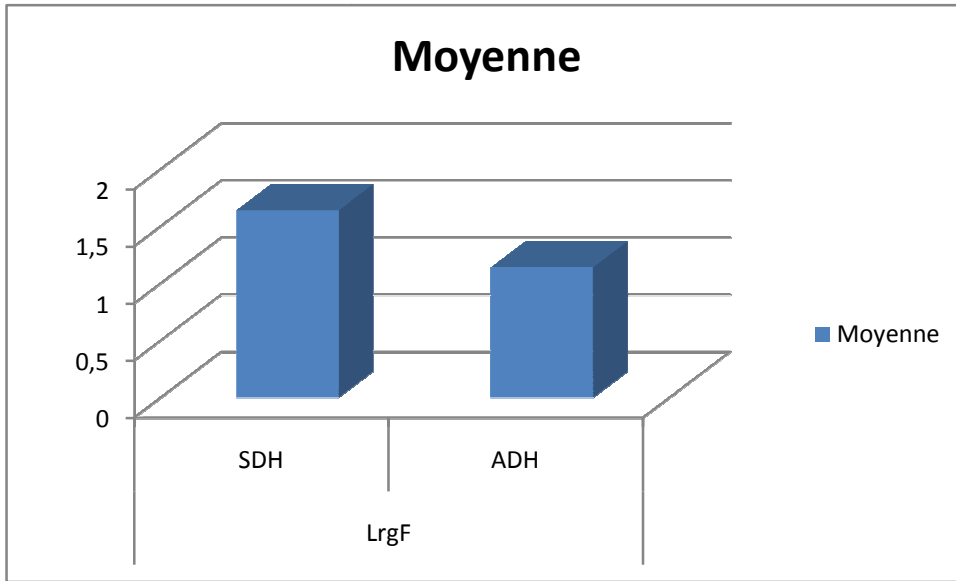


Figure5 : les moyennes cumulées de la largeur des feuilles des huit populations selon les deux régimes

Tab.06: Comparaison des moyennes de la longueur des épis obtenue au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	102.70	14.67	3.86	0.0038**
Niveau	1	737.51	737.51	194.18	0.0000***
Int $P \times R$	7	96.55	13.79	3.63	0.0055
Résidus	32	121.54	3.80		
Total	47	1058.29	22.52		
ET			1.95		
CV %			19.5		

*Groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	13,92	A
ADH	6,08	B

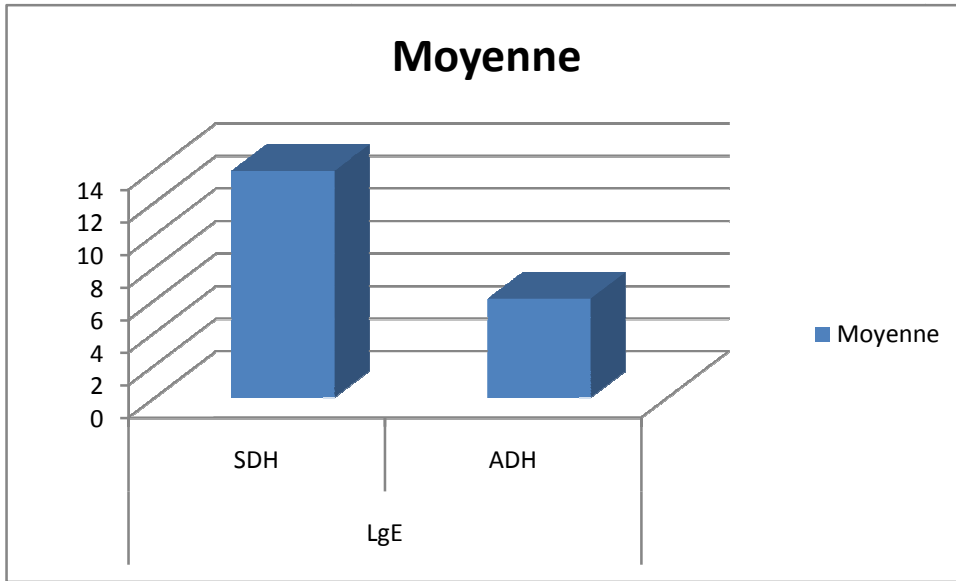


Figure6 : les moyennes cumulées de la longueur des épiss des huit populations selon les deux régimes

Tab.07: Comparaison des moyennes du fin de floraison au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantagoalbicans*. Résultats du test d’analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	729.48	104.21	3.03	0.0146*
Régime	1	238.52	238.52	6.94	0.0124*
Int $P \times R$	7	129.98	18.57	0.54	0.7986
Résidus	32	1100.00	34.38		
Total	47	2197.98	46.77		
ET			5.86		
CV %			3.6		

***Groupes homogènes du régime :**

N	Moy	GH
SDH	166,71	A
ADH	162,25	B

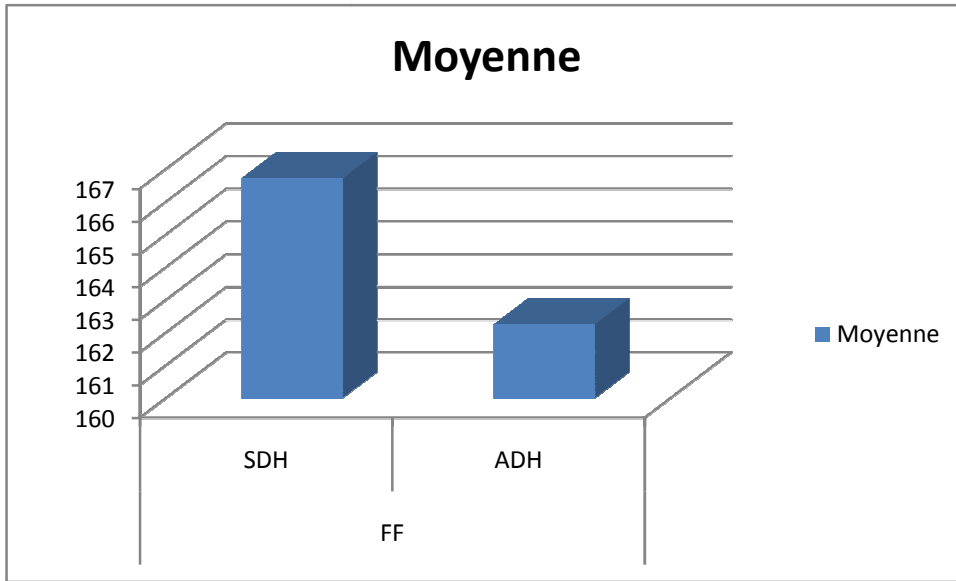


Figure7 : les moyennes cumulées des jours du fin de la floraison des huit populations selon les deux régimes

Tab.08: Comparaison des moyennes des nouveaux plateaux des talles obtenue au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	2208.65	315.52	1.14	0.3610
Régime	1	7777.52	7777.52	28.22	0.0000***
Int $P \times R$	7	648.31	92.62	0.34	0.9310
Résidus	32	8820.00	275.63		
Total	47	19454.48	413.93		
ET			16.60		
CV %			69.5		

Groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	36,63	A
ADH	11,17	B

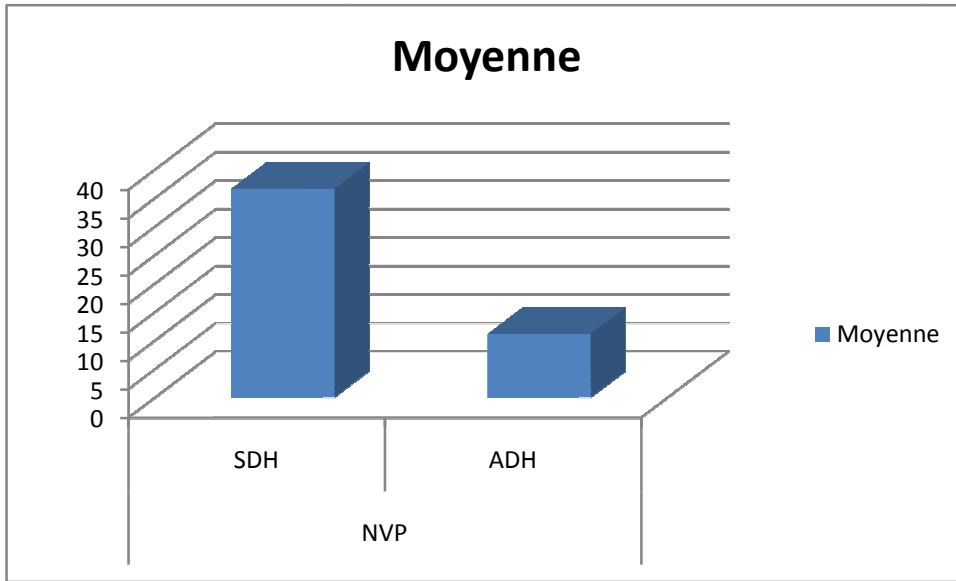


Figure 8 : les moyennes cumulées des nouveaux plateaux des talles des huit populations selon les deux régimes

Tab.9: Comparaison des moyennes du dosage de la proline obtenue au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée P×R.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	0.60	0.09	3.21	0.0109
Régime	1	2.85	2.85	107.40	0.0000***
Int P × R	7	0.29	0.04	1.56	0.1825
Résidus	32	0.85	0.03		
Total	47	4.59	0.10		
ET			0.16		
CV %			21.1		

*Groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	1,02	A
ADH	0,53	B

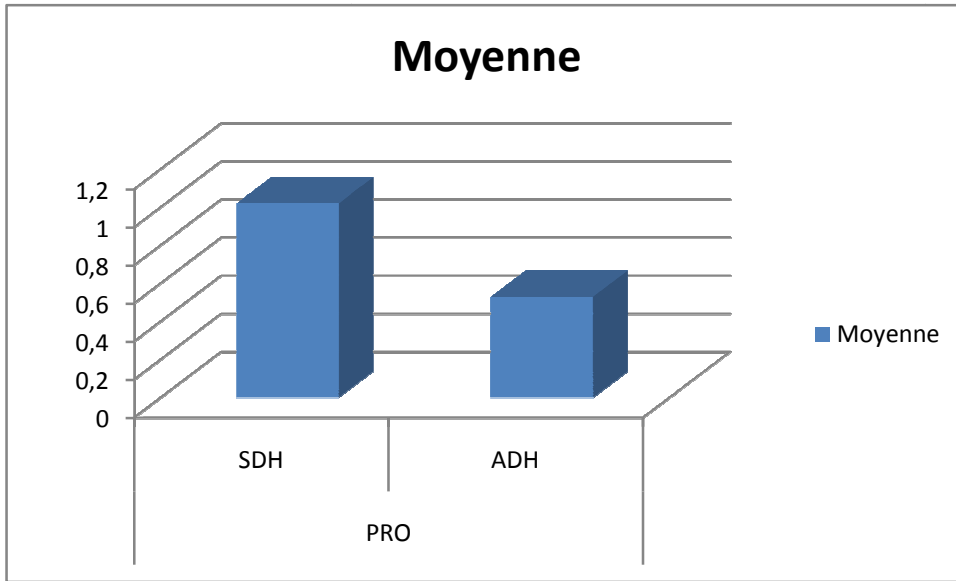


Figure9 : les moyennes cumulées du dosage de proline des huit populations selon les deux régimes

Tab.10: Comparaison des moyennes de la surface foliaire obtenue au niveau des deux régimes hydriques aux huit populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	21.48	3.07	1.00	0.4530
Régime	1	58.52	58.52	18.98	0.0002***
Int $P \times R$	7	44.31	6.33	2.05	0.0781
Résidus	32	98.67	3.08		
Total	47	222.98	4.74		
ET			1.76		
CV %			26.4		

*Groupes homogènes du régime :

N	Moy	GH
SDH	7,75	A
ADH	5,54	B

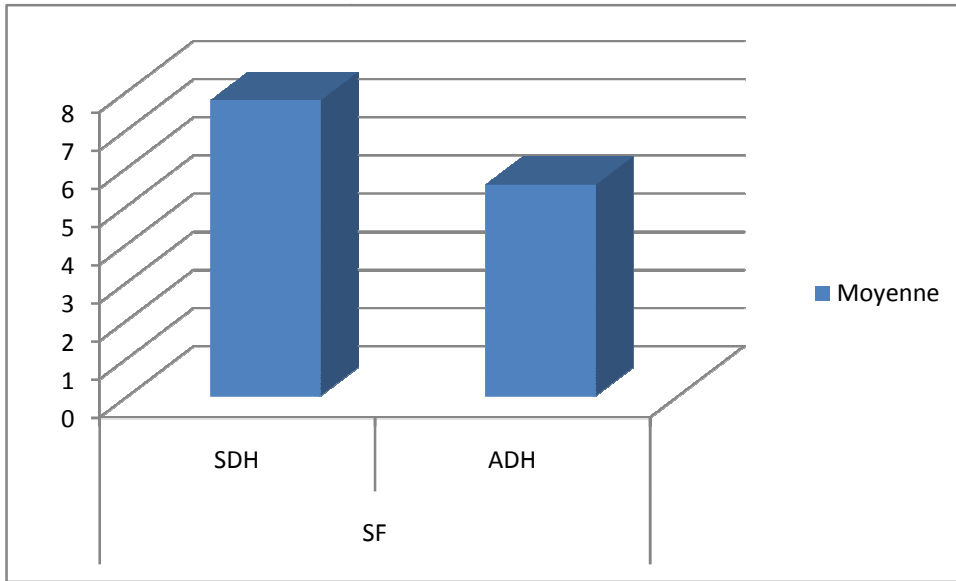


Figure10 : les moyennes cumulées de la surface foliaire des huit populations selon les deux régimes

Tab.11: Comparaison des moyennes de la chlorophylle obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d’analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée P × R.

Source	ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	195.12	27.87	0.85	0.5542
Régime	1	2226.46	2226.46	68.11	0.0000***
Int P × R	7	90.22	12.89	0.39	0.8988
Résidus	32	1046.09	32.69		
Total	47	3557.90	75.70		
ET			5.72		
CV %			16.9		

*Groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	40 ,63	A
ADH	27,01	B

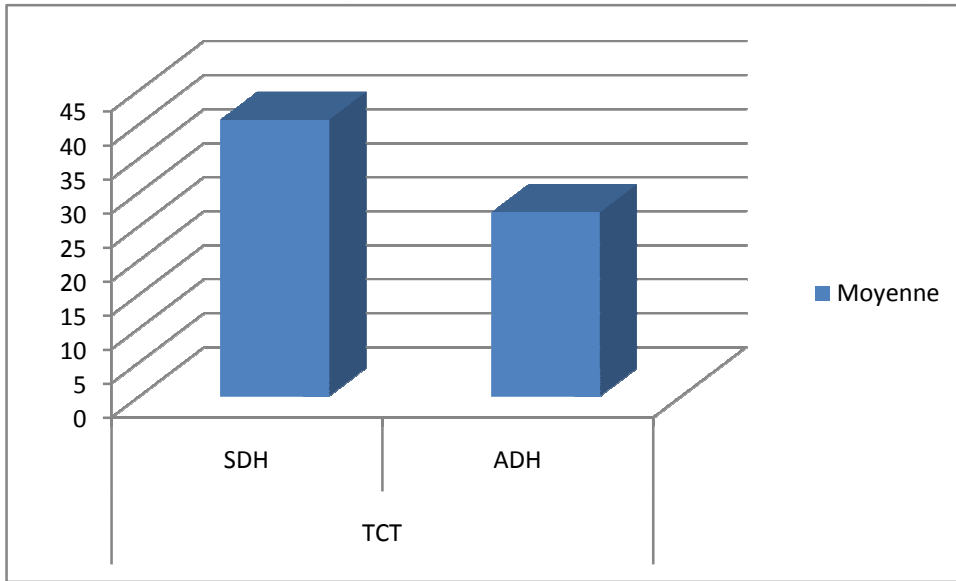


Figure 11 : les moyennes cumulées du taux total du chlorophylle des huit populations selon les deux régimes

Tab.12: Comparaison des moyennes de teneur relative en eau obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux cinq populations de *Plantago albicans*. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times R$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Variance	7	2453.40	350.49	2.69	0.0259
Régime	1	5537.70	5537.70	42.56	0.0000***
Int $P \times R$	7	2595.76	370.82	2.85	0.0199*
Résidus	32	4163.78	130.12		
Total	47	14750.65	313.84		
ET			11.41		
CV %			23.0		

*Groupes homogènes du régime :

R	Moy	GH
SDH	60,39	A
ADH	38,91	B

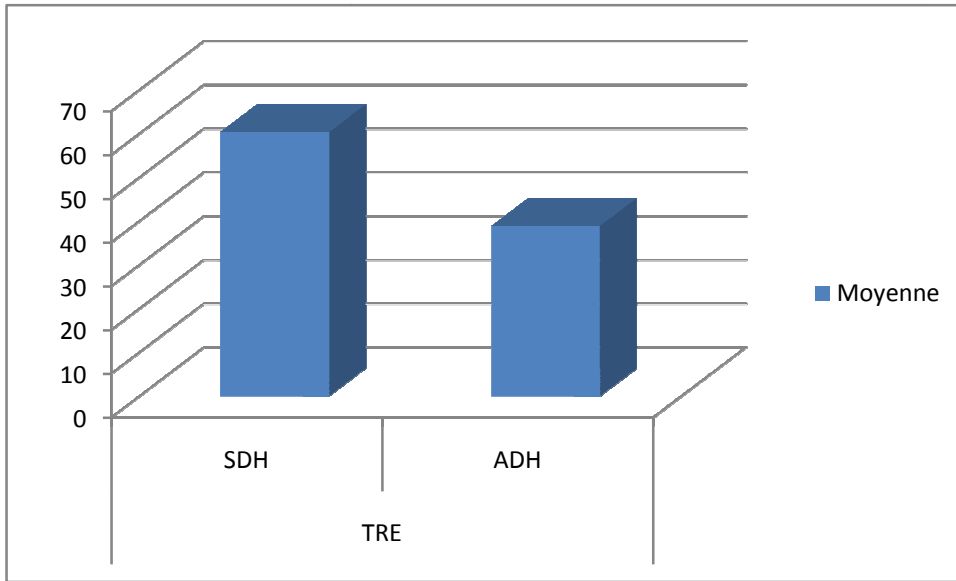


Figure12 : les moyennes cumulées de la teneur relative en eau des huit populations selon les deux régimes

R = régime hydrique ; **P** = population ; **Int R×P** = interaction (R×P). ***P** > 0,05, ****P** > 0,01, *****P** > 0,001 :

Respectivement significative, hautement significative et très hautement significative ; **P**>0.05

NS: non significative. **ddl** : degré de liberté, **SCE** : somme des carrées des écarts, **CM** :carré moyenne, **Fobs** : observé, **P** :Probabilité

Annexe02

Tableau1 : ANOVA des paramètres étudiés au niveau du régime SDH

	SDH-NT				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	7,1667	7	1,0238	0,3366	0,925315
	SDH-NE				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	360,96	7	51,57	0,6093	0,740328
	SDH-DE				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	100,7	7	14,4	1,75	0,166945
	SDH-DF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	101,3	7	14,5	1,82	0,152395
	SDH-FF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	583,0	7	83,3	1,49	0,240808
	SDH-LgF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	73,908	7	10,558	2,489	0,062082
	SDH-LrgF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	0,30958	7	0,04423	0,803	0,597019
	SDH-LgE				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	188,659	7	26,951	4,4821	0,006185
	SDH-NVP				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	1790,00	7	255,71	0,53849	0,793180
	SDH-SF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	26,667	7	3,810	1,1015	0,407890
	SDH-TCT				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	199,20	7	28,46	0,6759	0,690158
	SDH-PRO				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	0,096995	7	0,013856	1,7542	0,166432

Tableau2 : ANOVA des paramètres étudiés au niveau du régime ADH

	ADH-NT				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	4,5000	7	0,6429	1,7143	0,175860
	ADH-NE				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	360,96	7	51,57	0,6093	0,740328
	ADH-DE				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	38,7	7	5,5	0,38	0,902752
	ADH-DF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	6,5	7	0,9	0,5	0,839362
	ADH-FF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	276,5	7	39,5	3,10	0,028924
	ADH-TgF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	18,380	7	2,626	0,8161	0,587427
	ADH-LrgF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	0,59833	7	0,08548	1,2902	0,315937
	ADH-LgE				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	10,5846	7	1,5121	0,9551	0,494073
	ADH-NVP				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	721,333	7	103,048	3,13453	0,027677
	ADH-SF				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	11,1667	7	1,5952	1,7403	0,169668
	ADH-TCT				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	80,64	7	11,52	0,5025	0,819292
	ADH-PRO				
	SC	ddl	MC	F	P
VAR-POP	0,79315	7	0,11331	2,4207	0,067841

Chapitre I : Revues bibliographiques

1- Les plantes fourragères et pastorales:

1.1- Superficies, Productions, importance et contraintes du milieu:

Les terres occupées par la production fourragère s'étendent sur près de 33 millions d'hectares. La production est constituée des fourrages cultivés et naturels. Les fourrages cultivés occupent 523 000 ha, soit 1,6% de la superficie totale. L'essentiel des fourrages naturels est constitué par les pacages et parcours avec 29 millions d'hectares, soit 88%. La jachère occupe 3,5 millions d'hectares soit 10,4% . **(Abdelguerfi, 2003)**

Les fourrages cultivés sont composés essentiellement de vesce-avoine qui représente 28 % de la surface fourragère. 25 % de la superficie sont affectés aux céréales fourragères: maïs, sorgho, orge, avoine et seigle. La luzerne et le trèfle sont peu représentatifs avec 1 à 5 % de la superficie cultivée. Ils sont consommés en sec, fournissent 577 millions d'Unités Fourragères Lait (UFL) et représentent 92 % des apports énergétiques (vesce- avoine, avoine fourrage et pois-avoine). Les fourrages cultivés consommés verts fournissent 43 millions d'UFL **(Houmani, 1999)**, soit 8% des apports énergétiques totaux. Les cultures fourragères se localisent principalement dans les plaines d'intérieur (30%) et les hauts plateaux céréaliers (35%). Les fourrages naturels fournissent 5498 x106 d'UFL. Les prairies naturelles localisées dans les étages bioclimatiques humides et sub- humides fournissent 73 x106 d'UFL. L'apport fourrager de la jachère est estimé à de 1443 x106 d'UFL. Les pacages et parcours se trouvant surtout en milieu arides et semi-arides, fournissent 3981 x106 d'UFL soit 72,4% de l'offre totale. Pour les fourrages cultivés, les contraintes essentielles se résument en la faiblesse de la production de semence, au peu de variabilité des espèces cultivées et à la contribution très modeste des cultivars locaux. Les contraintes des fourrages naturels sont nombreuses et spécifiques aux différentes zones productrices. Ainsi dans les régions humides et sub-humides, les observations collectées depuis plusieurs années indiquent une érosion génétique du matériel végétal local. **(Abdelguerfi, 2003)**

. **(Lapeyronie, 1978)** signale que la flore dans les principales zones fourragères était au début du 20^{ème}, beaucoup plus variée que celle rencontrée vers les années soixante.

Cette situation est attribuée à l'introduction de variétés étrangères qui a contribué à la dépréciation des variétés locales, la destruction de l'habitat naturel des nombreuses espèces en raison du développement de l'urbanisation et de l'utilisation des terres (drainage des zones humides et construction de barrages), la mécanisation intensive de l'agriculture, la réduction des terres de parcours au profit des cultures céréalières et un peu d'intérêt des filières des productions animales pour les pâturages naturels. (Abdelguerfi, 2003)

Dans les régions semi-arides et arides, les contraintes sont engendrées par la sécheresse, la désertification, la charge animale, la résilience de l'écosystème, l'extension des surfaces cultivées. Elles limitent le maintien voire participent à la régression des fourrages naturels. On estime, en effet, que la désertification est le principal phénomène qui menace le maintien de la diversité des végétaux (Abdelguerfi, 2003). La diminution de la pluviosité se répercute directement sur la production primaire des écosystèmes et sur la diversité floristique. La production pastorale perd l'équivalent de 236 UF/ha pour une diminution du cumul annuel de pluie de 104 mm (Nedjraoui, 1999).

La végétation pastorale est soumise à une pression de plus en plus forte de la part des populations utilisatrices conduisant à un surpâturage excessif et la régression des ressources (Nedjraoui, 1999). La création des points d'eau visait à réduire les risques de surpâturage auprès des points d'eau naturels, mais elle a contribué indirectement à l'accroissement numérique du cheptel. L'extension des surfaces mises en culture participe aussi à la dégradation des parcours. Cette extension a touché plus de 2 millions hectare suite à l'application des nouvelles lois sur le foncier. (Abdelguerfi, 2003)

1.2- Etat des connaissances sur diversité des plantes fourragères et pastorales:

L'Algérie porte une grande richesse d'espèces spontanées fourragères et pastorales appartenant aux genres *Medicago*, *Scorpiurus*, *Lolium*, *Trifolium* (*repens*, *hybridum*, *subterraneum*, *fragiferum*), *Bromus*, *Lotus*, *Hedysarum*, *Phalaris*, *Dactylis* (Lapeyronie, 1978). Le catalogue australien mentionne l'inscription de nombreux cultivars de fétuque élevée (Cultivar Demeter), de ray-grass, de dactyle (cultivar Currie), de *Phalaris* et de medic (Cultivar Jemalong) issus des ressources génétiques introduites à partir de l'Afrique du Nord. (Oram, 1991). Ces cultivars sont exploités en Australie du Sud, sous un climat où les précipitations sont comprises entre 350 et 500 mm (Oram, 1991). Au niveau mondial sur les 15 espèces fourragères les plus

collectées, l'Algérie participe pour 2196 accessions soit 42% du nombre total d'accessions. (Abdelguerfi, 2003)

Lapeyronie 1982 rapporte que les prairies considérées pendant longtemps comme le réservoir fourrager naturel, portent une végétation se répartissant sur trois types des pelouses. La pelouse caractéristique des stations sèches sur sol à encroûtement calcaire qui porte une végétation constituée de *Plantago lagopus*, d'*Echium parviflorum* ou d'*Oryzopsis miliacea*. La pelouse caractéristique des zones humides à inondation passagère qui est constituée de *Festuca elatior* et d'*Oenanthe globulosa*. La pelouse sur marnes qui se caractérise par la présence d'*Hedysarum coronarium* et de *Convolvulus tricolor*.

Les espèces spontanées apparentées aux espèces fourragères (graminées et légumineuses) généralement rencontrées comprennent la luzerne (*Medicago sativa*), des *Medicago* annuelles, du lupin, du bersim, du trèfle, du trèfle blanc, du trèfle souterrain, du pois fourrager ? (*Lathyrus* sp.), du sulla (*Hedysarum coronarium*), des vesces, des graminées (*Eragrostis*, *Festuca*, *Phalaris*) et diverses espèces comme l'*Astragalus*, le *Bituminaria*, le *Lotus*, et l'*Ononis* (Abdelguerfi, 2003).

Dans les régions arides et semi-arides, la végétation a un caractère essentiellement steppique. Elle se caractérise par l'importance des espèces vivaces, ligneuses et des graminées (Le Houerou, 1995). Cette végétation est généralement subdivisée en formations végétales assez spécifiques comme les parcours à alfa (*Stipa tenacissima*). Les parcours ou steppe à armoise blanche (*Artemisia herba alba*), la steppe à sparte (*Lygeum spartum*), les parcours à remt (*Arthrophytum scoparium*), la steppe à psamophytes constituées de graminées à *Aristida pungens* et *Thymellaea microphyla* ou encore des arbustes à *Retama raetam* et les steppes à halophytes dont les espèces végétales les plus répandues sont l'*Atriplex halimus*, l'*Atriplex glauca*, *Suaeda fruticosa*, *Frankenia thymifolia*, *Salsola sieberi* et *Salsola vermiculata* (Djebaili, 1978; Nedjraoui, 1981; Aidoud, 1989; Le Houerou, 1998; Nedjraoui, 2000)

Plantago albicans.L fait partie des espèces d'intérêt pastorales et fourragères.

2- Le genre *Plantago* L:

Plantago est une plante de la famille des *Plantaginacées*. C'est le genre des plantains véritables. Il est pollinisé par le vent. Les feuilles ont des nervures parallèles ; ce qui est plutôt une caractéristique de monocotylédone. Ces deux caractéristiques leur font évoquer l'herbe, la

plupart des espèces d'Europe occidentale ont des feuilles disposées en rosette à la base (<http://www.tela-botanica.org> fiche de Flore de *Plantago albicans* janvier, 2013)

La plupart des espèces de plantain sont piétinables sur un sentier non endurci. Elles développent leur croissance vers le milieu au détriment, des autres plantes et herbes qui finissent par succomber au piétinement. Cette résistance au piétinement est surtout due à leurs feuilles charnues. D'autres espèces préfèrent les prairies, savanes et brousses tempérées. C'est également une plante sacrée pour les anciens saxons. Les principales espèces de plantain concernées sont *Plantago ovata*, *P. psyllium*, *P. alpina*, *P. major*. (Bonnier et Layens, 1894).

En Algérie, il existe 20 espèces du plantain (Quezel et Santa, 1963)

2.1-Historique de la classification des plantains:

Heywood, 1978 a signalé que le genre *Plantago* englobe 250 espèces distribuées principalement dans les zones tempérées des deux hémisphères. Parmi cet ensemble 35 se rencontrent en Europe et 25 dans la Péninsule Ibérique. (Moore, 1976 ; Chater et Cartier, 1976)

La systématique de genre *Plantago* a été largement étudiée et ses différentes espèces ont été classées dans des groupes avec catégories taxonomiques différentes. (Ubera et al., 2009)

L'un des premiers travaux sur ce sujet a été réalisé par Decaisne, 1852 qui a décrit 299 espèces regroupées dans 17 sections dont certaines ont été divisées, ultérieurement en séries et sub-séries représentant un système de classification suivi par Willkomm, 1868, pour les espèces de la péninsule Ibérique. Harms et Reiche, 1895 ont classé les différentes espèces dans deux sub-genres: *Euplantago* et *Psyllium* ; le premier est divisé en 11 sections.

Pilger, 1937 a établi une nouvelle classification pour les plantains ibériques avec 18 sections pour le sub-genre *Euplantago*. Les dernières contributions à la systématique de ce genre à (Bassett, 1966, 1967, 1973) qui a contribué à l'étude des espèces appartenant à ce genre en Amérique du Nord. et à (Rahn, 1975, 1978, 1979a, 1979 b, 1981, 1985) dont l'apport est sur les espèces natives de l'Amérique Latine.

2.2- Description des caractères du genre *Plantago*:

Le genre *Plantago* est divisé en deux sous genre: le sub-genre *Plantago* à feuilles alternes et le sub-genre *Psyllium* à feuilles opposées (Lewalle, 1978). Vingt espèces sont des halophytes ou possédant des génotypes capables de survivre dans des milieux salés alors que d'autres sont des glycophytes (Rahimi *et al.*, 2006).

Parmi les 200 espèces de genre, *P. ovata* et *P. psyllium* sont couramment utilisés pour la production de graines, fibre des cosses des graines et de mucilage, substance active en pharmacie ainsi qu'en industrie pour la production de papier, des métiers à tisser et pour l'extraction pétrochimiques (Mohebbi et Maleki, 2010).

2.2.1-caractères morphologiques:

L'analyse de la fleur manifeste, dans les espèces de plantain y compris les pulicaires et psylles, une remarquable constante avec ses quatre sépales, ses quatre pétales égaux, soudés en tube, ses quatre étamines libres, son ovaire supère biloculaire (Lewalle, 1978).

2.2.2- Caractères anatomiques:

Les espèces du genre *Plantago* étudiées anatomiquement manifestent une curieuse absence de rayons modulaires dans leurs formations de xylème secondaire. Cette particularité est spécialement bien visible dans les coupes des espèces qui présentent un important épaissement ligneux (Carlquist, 1970).

2.2.3-Caractères cytologiques:

Un grand nombre d'espèces de *Plantago* ont été soumises aux comptages chromosomiques. (Federov, 1967) en rapporte 106. Les nombres de base sont très généralement 10-12. Il ya cependant de très nombreuse cas d'anomalies chromosomiques et celles qui surviennent chez *Plantago* sont $2n = 12$ qui est remarquablement constant. (Federov, 1967)

2.2.4-Caractères biochimiques:

Quelques analyses des glucides présents chez divers *Plantaginacées* ont mis en évidence un trisaccharide particulier le plantéose (Gorenflot et Bourdu, 1962). Bourdu *et al*, 1963 ont montré que ce galactoside est présent dans les graines de 35 espèces examinées appartenant à divers sections de *Plantago*.

2.2.5 - Caractères chorologiques:

Le genre *Plantago* est sub-cosmopolite ; il convient de considérer que certaines sections de sous genre *Plantago* ont aussi une chorologie restreinte (en Amérique centrale et du Sud, en Australie...et aux régions méditerranéennes) où se trouvent les plantains à rosette. (Lewalle, 1978).

2.3- Utilisation en pharmacopée:

Dans les campagnes, on utilisait plantain pour calmer le mal des dents en plaçant dans le conduit de l'oreille un tampon de racine de plantain râpé. La plante entière est utilisée soit dans l'alimentation, soit en diététique ou en thérapeutique. Les feuilles jeunes peuvent être consommées en salade ou en légumes ; le suc frais extrait des feuilles (au printemps, à la floraison) sert à divers préparations, notamment des collyres (sous forme hydrolat).

On récolte (toute l'année) les racines du plantain que l'on broie pour préparer des cataplasmes anti-infectieux. Les semences de certaines espèces de plantain fournissant un produit laxatif. Le plantain est également un excellent calmant contre les piqûres d'insectes (wikipedia, <http://www.pollens.fr/le-reseau/les-pollens.php>, 2013)

3- *Plantago albicans* L:

3.1 Position systématique :



Figure1 : Les différentes parties de la plante (Coste, 1901)

-Règne: *Plantae*

-Embranchement: *Spermaphytes*

-Sous embranchement: *Angiospermes*

-Classe: *Dicotylédones*

-Ordre: *Lamiales*

-Famille: *Plantaginaceae*

-Genre :*Plantago*

-Espece : *Plantago albicans L.*



Figure2: la morphologie de la plante (Flora-Aragon, 2008).

Plantago albicans L. fait partie de la famille des plantes Dicotylédones qui regroupe actuellement 106 genres comme *Plantago*, *Bacopa*, *Veronica* (Judd *et al.*, 2007) et 2000 espèces environ (Spichier *et al.*, 2002). Ce sont des plantes herbacées ; annuelles ou vivaces et parfois aquatiques (Botineum, 2010). La distribution géographique des *Plantaginacées* est cosmopolite. On les retrouve dans les régions à climat tempéré voire tropical (Spichier *et al.*, 2002).

Les feuilles des plantes appartenant aux *Plantaginaceae* sont alternes opposées, simples, entières ou dentées, et penninervées (Spichier *et al.*, 2002). Elles ne possèdent pas de stipules (Botineum, 2010) . l'inflorescence varie en fonction de l'espèce , les fleurs sont très souvent hermaphrodites et zygomorphes (Botineum, 2010) de l'extérieur vers l'intérieur de la fleur.

3.2- Description botanique et anatomique:

De nom commun plantain blanchissant, c'est une plante qui peut atteindre 10 à 60 cm de haut et peut être visible jusqu'à 2300 mètres d'altitude. C'est une plante vivace et acaule. Originnaire de Méditerranée, le plantain s'accommode de sols incultes, ensoleillés, en bordures de chemins, sols neutres et alcalins. Velue, soyeuse et blanchâtre, un peu gazonnante elle émet des rameaux épigés (Puech, 1987).

3.2.1-Description de la racine:

C'est l'organe le plus souvent souterrain qui se différencie de la tige par la disposition relative des différents tissus conducteurs (xylème et phloème) et l'absence de bourgeon. Les racines ont pour effet d'ancrer les végétaux au sol de prélever l'eau et la matière minérale à l'aide des poils absorbants et éventuellement de stocker les réserves. La racine du plantain est dite (adventive) car elle prend naissance sur une tige (Puech, 1992)

3.2.2-Description de la feuille:

Les feuilles sont lancéolées ou lancéolées linéaires, souvent ondulées, atténuées en pétiole à 3 nervures. Leurs nervures sont parallèles (caractère exceptionnel chez les dicotylédones) et confluent à leurs extrémités, assez étroites et toutes à la base de la plante, sont allongées (Puech, 1992).

Elles sont soyeuses et blanchâtres, plates, glabres ou ciliées, linéaires en alène ?, planes

3.2.3-Description de la tige:

La tige, chez *Plantago albicans* est creuse et réduite à un plateau porte une rosette au contact du sol (Puech, 1992).

3.2.4-Description de la fleur:

Les fleurs gamopétales ? groupées en épis (épis long, grêle lâche et interrompu à la base) à corolle fauve, glabre, à lobes ovales mucronés membraneuse divisée en quatre avec quatre étamines jaunâtres. L'organe femelle: la corolle change de disposition en fonction du stade de floraison (Puech, 1992).

Les inflorescences sont jaunâtres de 3 à 10 cm de long. La hampe est dressée ou ascendante tomenteuse non striée est terminée par un épi de fleurs insignifiantes à pétales

écaillés, assez robustes, dépassant les feuilles, raide son épis est compact, cylindrique ou oblong (Kerguélen, 1993).

3.2.5-le périanthe et l'androcée:

*Le périanthe:

Le calice et la corolle: l'ensemble formant deux corolles de feuilles ayant évolué et dont le premier rôle est de recouvrir et protéger les organes reproducteurs jusqu'à maturité (Puech, 1988).

*L'androcée :

Il est composé de quatre étamines dont deux petites et deux grandes elle comprend trois pièces: l'anthère, le filet, le connectif (Puech, 1988).

3.2.6-Description du fruit:

La capsule ovale jaunâtre à 2 graines oblongues canaliculées à la face interne, allongée cylindrique qui contient deux akènes. (Puech, 1992).

3.2.7-Description du pollen (mode de pollinisation):

Equivalent d'un spermatozoïde chez les plantes, il est contenu dans les étamines des fleurs et sont minuscules (environ 100^{ème} de millimètre). *Plantago albicans* est anémophile et entomophiles (Puech, 1988).

3.3- Habitat:

Plantago albicans L. colonise les chemins et lieux sablonneux du Midi ; du Roussillon, du Languedoc, de la Provence et en région méditerranéenne (Bonnier et Layens, 1894).

3.4-Distribution géographique de *Plantago albicans* L.:

Plantago albicans est une espèce à rosette pastorale qui colonise les régions des zones arides de la Méditerranée. Son aire de distribution s'étend vers le Sud en Afrique du Nord (le sud de la Tunisie et le Maroc) en ce qui concerne les environnements désertiques (Kuiper et Bos, 1992).

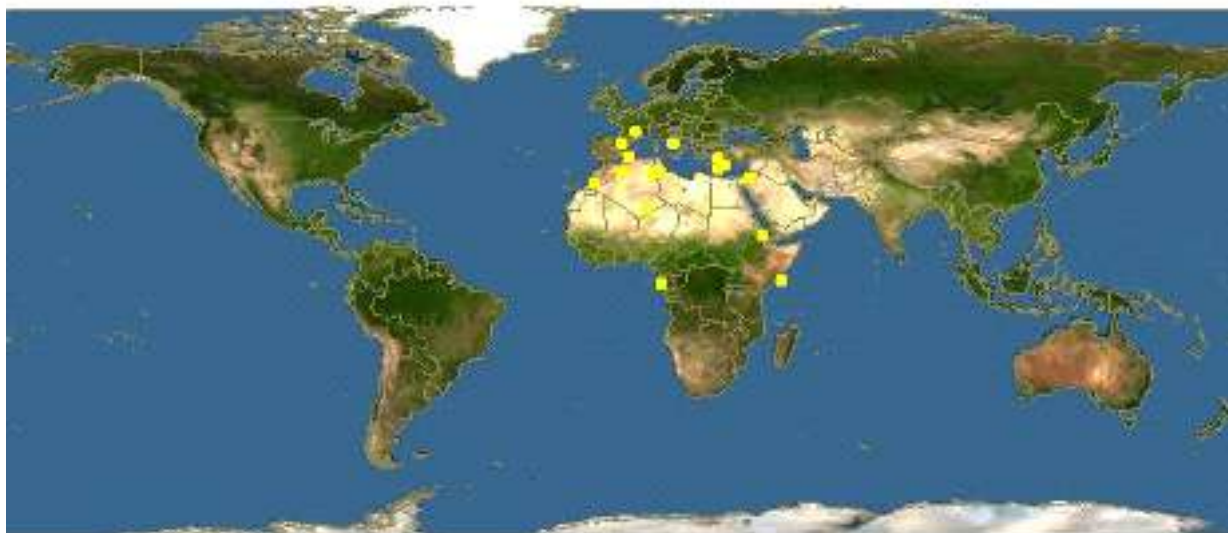


Figure3: Distribution géographique de *Plantago albicans* L. dans le monde.

(Discover-life, 2003)

3.5-Importance:

La persistance et l'adaptation de cette espèce vivace du semi-aride pastoral est basée effectivement sur une bonne production de semences (**Rossister, 1966**). Dans les régions à précipitation faible, les pâturages d'espèces pérennes à réensemencement spontané est, en été, un bon fourrage sec (**Oece, 1951**).

4- Les effets de sécheresse sur le développement de la plante:

4. 1- Importance de l'eau:

L'eau est indispensable à la vie de la plante. Comme à tout être vivant, les tissus végétaux sont gorgés d'eau lorsque le végétal est bien hydraté par la pression de turgescence qu'elle exerce sur les membranes (**Daudet, 1970**).

L'eau assure le port érigé des végétaux. C'est également l'eau qui maintient les structures cellulaires et permet le déroulement du métabolisme de la plante. L'eau transporte les substances nutritives depuis le sol jusqu'à la partie aérienne à travers les vaisseaux conducteurs de xylème. de même l'eau contribue au refroidissement de la plante par la transpiration. ; Elle joue le rôle de solvant, substrat et de catalyseur. Par la pression qu'elle exerce sur les parois, l'eau permet la turgescence cellulaire qui est indispensable au port érigé des plantes herbacées et à l'expansion

cellulaire dans les tissus en croissance. La turgescence est également à la base des mouvements des organes (feuilles, étamines) et des cellules (stomates). A l'échelle de l'organisme, l'eau permet de véhiculer les déchets du catabolisme et des phytohormones (**Briggo et Santz, 1912**).

La quantité d'eau disponible dans le végétal résulte du bilan entre l'absorption et la transpiration. Cet équilibre est toujours précaire. En effet, dès que l'absorption est inférieure à la transpiration, un déficit hydrique apparaît au niveau de la plante. Cela peut arriver soit parce que le potentiel de l'eau dans le sol baisse, soit parce que la demande évaporatoire devient trop importante. Si le phénomène s'accroît, les tissus se déshydratent et lorsque le point de flétrissement permanent est atteint, la plante se fane irréversiblement. La valeur du pF dépend beaucoup plus des types de sol que des végétaux (**Briggo et Santz, 1912**). Pour un sol à texture fine, par exemple, le point de flétrissement est atteint lorsque l'humidité correspond à $PF = 4,2$ (**N'DA Kouassi Assemien, 1984**).

4.2- Terminologie de la sécheresse:

La sécheresse est une notion relative, car non seulement ses manifestations sont diverses mais sa définition même varie en fonction de son impact et selon l'approche scientifique (**Reyes-Gómez et al., 2006**). En agriculture, la sécheresse est définie comme un déficit marqué et permanent de la pluie qui affecte les productions agricoles estimées d'après des valeurs moyennes ou attendues (**Gadsden et al., 2003**). D'un point de vue météorologique, la sécheresse est une absence prolongée, un déficit significatif, voire une faible distribution, des précipitations en relation avec une valeur dite normale (**McKee et al., 1993**). En hydrologie, on parle de sécheresse dès lors qu'à l'échelle régionale la hauteur des pluies est inférieure à la moyenne saisonnière, ce qui se traduit par un approvisionnement insuffisant des cours d'eau et des réserves d'eau superficielles ou souterraines. Les socio-économistes, quant à eux, parlent de sécheresse quand les pluies sont insuffisantes et ont des effets désastreux sur les populations et sur l'économie régionale. Une autre approche de la sécheresse est celle des agro pastoralismes qui mettent davantage l'accent sur la sévérité et la fréquence d'un phénomène qui reste tout relatif. Pour eux, une année sèche chaque décennie est souvent critique et permet d'évaluer les effets réels du manque d'eau (**Dyer, 1984**).

4.3- Les effets de la sécheresse sur la croissance des plantes:

Une sécheresse très modérée et ne présentant pas de symptômes flagrants, se traduit chez beaucoup d'espèces par une modification importante de l'architecture de la plante (**Tardieu *et al.*, 2006**). Le nombre de talles est réduit en cas de déficit hydrique (**Courtois *et al.*, 2000**). Pour expliquer la réduction de la croissance observée chez les plantes lors d'un stress hydrique, plusieurs théories hydrauliques d'une part, et biochimiques d'autre part, sont proposées: les théories hydrauliques, sont mises en jeu pour expliquer la diminution de la croissance par une réduction de la turgescence au niveau des tissus en croissance ; ou encore par une chute dans le gradient de potentiel hydrique nécessaire à l'entrée d'eau dans les cellules en expansion. Les autres théories biochimiques considèrent que les variations de la croissance sont liées à des modifications dans l'extensibilité pariétale sous l'effet des enzymes, des hormones de croissance comme l'acide abscissique, et/ou à des modifications chimiques comme le pH (**Tahi, 2008**).

4.4-Les effets du déficit hydrique sur la nutrition minérale:

Le déficit hydrique affecte aussi bien l'état de nutrition azotée que la quantité d'azote présente dans la plante (**Onillon *et al.*, 1995 ; Volaire *et al.*, 1998 ; Diouf *et al.*, 2004**). Après des périodes de sécheresse, la quantité d'azote minéral dans le sol est relativement plus élevée et la lixiviation peut être plus importante si le sol reste nu. Aussi, la mortalité des racines durant la période sèche peut libérer encore davantage d'azote dans le sol. **Lemaire et Denoix, 1987** rajustent que le déficit hydrique induit un déficit de nutrition azotée et qui résultent surtout des réductions de flux d'azote à la racine. **Thomas *et al.*, 2004** ont souligné la réduction de la fixation d'azote est plus prononcée par le déficit hydrique que la réduction de la production de la biomasse. Bien que l'absorption d'eau et d'azote ait lieu séparément et pas nécessairement partout dans le système racinaire (**Luxmoore et Millington, 1971**), l'azote ne peut être absorbé par les racines que lorsqu'il se trouve dans un horizon humide (**Garwood et Williams, 1967**).

5- Les mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse:

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (Esquive, évitement et tolérance) (**Turner, 1986**). La résistance d'une plante à une contrainte hydrique peut être définie, du point de vue physiologique, par sa capacité à survivre et à s'accroître et du point de vue

agronomique, par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensibles (**Madhava et al., 2006**). La résistance globale d'une plante au stress hydrique apparaît comme le résultat de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour permettre le maintien de la croissance, du développement et de production (**Hsissou, 1994**).

5.1-L'adaptation phénologique:

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**). Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (**Ben Naceur et al., 1999**). La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji, 1999**). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (**Gonzalez et al., 1999**). En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (**Poorter, 1989**). La précocité de l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (**Ben Salem et al., 1997**).

Tableau 1. Principaux caractères impliqués dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse (Turner *et al.*, 2001):

Mécanisme	Utilité	Facilité de sélection	
1-Esquive			
Phénologie	Très haute	Facile	
Plasticité de développement	Haute	Facile	
2- Evitement de la déshydratation			Contrôle stomatique
Haute	Difficile	ABA	
Discutable	Difficile	Ajustement osmotique	
Fonction des espèces	Difficile	Développement racinaire	
Haute	Très difficile	3- Tolérance à la déshydratation	
Stabilité membranaire	Haute	Facile	
Potentiel hydrique létal	Haute	Difficile	
Proline	Discutable	Facile	

5.2-L' adaptation morphologique:

L'effet de la sécheresse peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou variété, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et/ou pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilats. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine du plante : réduction de la surface foliaire et du nombre de talles, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire (Slama *et al.*, 2005).

*** Le système racinaire:**

L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines figure parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus (Turner *et al.*, 2001). L'aptitude des racines à exploiter les réserves en eau du sol sous

stress est une réponse particulièrement efficace pour l'élaboration de la production de graines (**Passioura, 1977**).

Un système racinaire capable d'extraire l'eau du sol est un trait essentiel pour la tolérance à la sécheresse. Cette caractéristique revêt une importance particulière sur les cultures qui subissent régulièrement des déficits hydriques de fin de cycle (**Subbarao, 1995**).

*** La surface foliaire:**

La réduction de la surface foliaire, quand le stress hydrique est très important, est un mécanisme de réduction des besoins en eau (**Perrier et al., 1961**). (**O'toole et Cruz ,1980**) montrent que l'enroulement des feuilles entraîne une diminution de 40% à 60% de la transpiration, D'après (**Blum ,1984**), les feuilles très étroites permettent une réduction des pertes en eau pour le nombre stomates et la surface foliaire. D'après (**Acevedo et Ceccarelli ,1987**), le port des feuilles serait lié à la tolérance à la sécheresse: les feuilles verticales étroites seraient plus favorables à une adaptation au stress hydrique que les feuilles larges et flasques (**Borojevic et Denic, 1986**).

*** La glaucescence, pilosité, cire et barbes:**

La glaucescence, la pilosité des feuilles ou des tiges, la couleur claire des feuilles et la présence de cire induisent une augmentation de la réflectance qui conduit à une réduction des pertes en eau. (**Clarke et al., 1989**) montrent que la glaucescence réduit le taux de déperdition d'eau (transpiration cuticulaire) en conditions sèches et que les variétés qui ont une glaucescence élevée donnent dans ces conditions, des rendements plus élevés que les variétés à faible glaucescence (**Clarke et Richards, 1988**) montrent que la glaucescence réduit la transpiration résiduelle de 10% en moyenne. La comparaison de deux lignées isogéniques pour ce caractère montre que les quantités de cire épi-cuticulaires et la glaucescence influent également sur la transpiration résiduelle, celle-ci étant supérieure de 30% chez la lignée non glaucescente et à faible teneur en cire. **Nemmar, 1980** rajuste que La présence des barbes augmente la possibilité d'utilisation de l'eau et l'élaboration de la matière sèche lors de la maturation de grain. La photosynthèse, chez les génotypes barbus comparativement aux génotypes glabres, est moins sensible à l'action inhibitrice des hautes températures lors du remplissage des grains (**Fokar et al., 1998**). La variété ayant la barbe la plus développée, sous contrainte hydrique, présente le

meilleur rendement. En effet, les barbes peuvent améliorer le rendement en conditions de sécheresse par augmentation de la surface photosynthétique de l'épi (Slama, 2005).

5.3- L'adaptation physiologique:

5.3.1-Les réponses physiologiques des plantes pour le maintien de l'état hydrique:

La diminution du potentiel hydrique du sol en conditions de sécheresse provoque une perte importante de la turgescence au niveau de la plante (Henchi, 1987). L'augmentation de la production, dans ces conditions, dépend des mécanismes de tolérance qui assurent l'hydratation cellulaire et diminuent la perte en eau en maintenant un statut hydrique favorable au développement foliaire (Sorrells *et al.*, 2000). Le maintien d'un potentiel hydrique élevé est lié à l'aptitude à extraire l'eau du sol et à la capacité à limiter les pertes d'eau par transpiration (Turner, 1986).

5.3.2- Le processus photosynthétique:

Malgré la nature et le rythme des limitations que le déficit hydrique impose sur l'assimilation du carbone foliaire est encore sous débat (Tezara *et al.*, 1999 ; Lawlor et Cornic, 2002 ; Flexas *et al.*, 2004b). Il est généralement accepté que, sous conditions de champ, la diminution dans la photosynthèse observée en réponse à un déficit hydrique modéré atmosphérique et /ou du sol (teneur en eau relative entre 70% et 75%) est initialement due à la fermeture stomatique (Chaves *et al.*, 2003). Sous déficit hydrique modéré, la concentration de CO₂ intercellulaire (C_i) diminue en réponse à la fermeture stomatique, alors que la capacité photosynthétique est maintenue. Cette diminution peut induire l'inhibition réversible de quelques enzymes (par exemple la sucrose-phosphate synthase). En même temps la teneur en amidon diminue et celle des sucres réducteurs est maintenue ou même augmente (Chaves et Oliveira, 2004). Les événements primaires de la photosynthèse comme la capacité du transport d'électron sont très résistants à la sécheresse (Cornic *et al.*, 1989).

5.3.3-La teneur en chlorophylle:

Sous une sécheresse, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez la plante Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se traduit par une turgescence relative moins affectée par le stress conduisant à une dilution de la chlorophylle

(Slayter, 1974). Le rapport chlorophylle (a/b) est un bon indicateur du seuil de tolérance au stress hydrique (Guettouche, 1990). (Tahri *et al.*, 1997) montrent que l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress suivie par un abaissement dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b). Les résultats de (Tahri *et al.*, 1997) révèlent une certaine proportionnalité, mais inverse, entre les teneurs en proline accumulées et les teneurs en pigments chlorophylliens perdus. Ainsi la variété qui accumule plus de proline est aussi celle qui connaît la plus forte diminution de ses teneurs en pigments chlorophylliens et vice versa (Tahri *et al.*, 1997).

5.3.4-La régulation stomatique:

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes à la sécheresse. Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse. Ainsi, les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le déficit hydrique présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau (photosynthèse/transpiration) plus élevée et une plus grande capacité de survie (Araus *et al.*, 1991). En agronomie, l'utilisation efficace de l'eau est le critère le plus utilisé pour évaluer tout apport d'eau. Ce paramètre est défini par le ratio de la matière sèche produite sur la quantité d'eau consommée (Bammoun ?, 2000). L'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être un des facteurs de résistance au déficit hydrique chez les céréales si elle est accompagnée par une bonne activité physiologique (Slama, 2002). L'accroissement de la densité stomatique peut augmenter l'assimilation nette du CO₂ et diminuer la perte en eau. En effet, un nombre élevé de stomates peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide. Selon (Slama, 2002) la variété ayant le rendement le plus élevé et les grains les plus volumineux se distingue des autres variétés étudiées par une densité stomatique plus élevée au niveau de la barbe et de la feuille étendard. Ce résultat est en accord avec celui de (Erchidi *et al.*, 2000) qui ont constaté que les variétés ayant une conductance et une densité stomatique élevées sont plus résistantes à la sécheresse en donnant le rendement en grains le plus satisfaisant.

5.3.5- L'ajustement osmotique:

Brisson et Delecolle, 1992 soulignent que la sécheresse provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique. Parmi les osmorégulateurs les plus importants qui

s'accumulent en conditions de déficit hydrique on peut citer les sucres et un acide aminé, la proline. Les sucres sont considérés par plusieurs auteurs comme de bons osmorégulateurs (**Kameli et Lösel, 1995**). Ceux-ci peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes à la sécheresse (**Morgan, 1984**). L'accumulation de la proline constitue aussi un véritable mécanisme de tolérance à la sécheresse (**Slama et al., 2004**). En effet, la teneur en proline est plus élevée en cas de déficit hydrique et, en particulier, chez les génotypes les plus résistants à la sécheresse (**Slama, 2002**). Selon le même auteur, la variété Razzak, qui accumule plus de proline dans ses différents organes et en particulier au niveau de la barbe et de la feuille étendard en conditions de déficit hydrique, donne le rendement le plus élevé et présente la capacité de remplissage de grains la plus importante.

L'ajustement osmotique apparaît donc comme un mécanisme majeur d'adaptation à la sécheresse: il permet le maintien de nombreuses fonctions physiologiques (photosynthèse, transpiration, croissance...); il peut intervenir à tous les stades du développement et son caractère inductible suggère qu'il n'a pas (ou peu) d'incidence sur le rendement potentiel (**Belhassen et al., 1995**).

6-Les mécanismes d'adaptation biochimique en condition de sécheresse:

6.1- La proline:

– Ses propriétés et son rôle:

Le déficit hydrique sévère au niveau de la plante dégrade les protéines à poids moléculaires élevés et augmente par conséquent la teneur en acides aminés libres. De nombreux auteurs considèrent ce phénomène comme indice de résistance à la sécheresse, Ainsi, l'accumulation de proline sous contrainte hydrique serait plus élevée chez les variétés résistantes que chez les variétés sensibles. La proline est une composante des 20 principaux amino-acides libres naturels qui entrent dans la composition des protéines, La proline possède son groupement azoté sous la forme d'amine secondaire. Elle est soluble dans l'eau et dans l'alcool et facilement oxydable par la ninhydrine, La proline peut être synthétisée à partir de l'acide glutamique (**Lehninger, 1975**). Les avis des auteurs sont très partagés quant au rôle que joue la proline:

- La proline serait un osmorégulateur en cas de déficit hydrique sévère (**Stewart et Lee, 1974**)

- La proline associée aux enzymes jouerait un rôle de protection dans le cytoplasme. (N'DA Kouassi Assemien, 1982)

-(Hubac ,1966) pense que la proline exercerait une action de blocage dans la croissance cellulaire. Ce même auteur a montré qu'un apport exogène de proline aux plantules de rutabaga augmentait leur résistance à la sécheresse jusqu'à une certaine concentration ; au-delà de cette valeur, l'admission supplémentaire de proline devenait toxique.

- L'accumulation de la proline:

Les mécanismes qui permettent aux plantes d'accumuler de la proline sont encore mal connus. Des contraintes physiologiques opposées peuvent avoir les mêmes effets sur l'augmentation de la concentration en proline dans les différents organes du végétal. L'accumulation de proline est plus importante chez les variétés reconnues pour leur tolérance globale à la sécheresse. (Preil, 1977). Trois rapports de (l'IRRI ,1973 ; 1974 ; 1975) mentionnent une plus forte accumulation de proline chez les variétés de type irrigué que chez les pluviales. Par opposition, de nombreux auteurs notent que la capacité de résistance au froid des plantes semble corrélée avec leur teneur en proline (Chu *et al.*, 1978; Le Saint, 1969). Il a été également observé que la teneur en acides aminés libres augmente avec la carence de certains éléments minéraux. Chez le maïs, une déficience en azote, en phosphore et en potasse provoque une accumulation de proline (Goring et Thien, 1979). De même une carence en bore chez l'orge induit une forte accumulation de proline (Ibarnova, 1969). Les facteurs qui induisent une accumulation de proline sont divers. Il peut être donc difficile de déterminer le mécanisme qui stimule cette accumulation. Cependant, l'accumulation du taux de proline semble être une nouvelle voie de recherche dans l'adaptation des végétaux à la sécheresse(Ibarnova, 1969).

6.2-Les sucres solubles:

L'implication des sucres dans la tolérance à la sécheresse a été mise en évidence par les corrélations observées entre le contenu en certains sucres et l'acquisition de la tolérance (Déjardin *et al.*, 1999). De nombreuses études ont mis en évidence l'accumulation de sucres solubles lors de la dessiccation. Une idée principale en ressort différents sucres solubles peuvent être présents dans des tissus bien hydratés ; mais le saccharose est préférentiellement accumulé dans les tissus en déshydratation (Déjardin *et al.*, 1999). Le statut des carbohydrates des feuilles

se trouve altéré quantitativement et qualitativement par le déficit hydrique. Il peut agir en tant que signal métabolique en réponse au stress (**Chaves et al., 2003**). Le rôle signalétique des sucres dans ce contexte n'est pas totalement clair. En général, la sécheresse peut conduire aussi bien à une augmentation sous stress modéré ou un maintien sous stress intense de la concentration des sucres solubles. Dans les feuilles, malgré la faible assimilation du carbone à cause de l'inhibition de la croissance sous condition de déshydratation sévère, les sucres solubles peuvent diminuer (**Pinheiro et al., 2001**). Cependant, la synthèse de l'amidon est en général, fortement prépondérante même sous déficit hydrique modéré (**Chaves, 1991**). Une augmentation dans l'activité invertase acide au niveau des feuilles soumises à une contrainte hydrique. La tendance des changements observés du sucrose des pétioles de feuille est antiparallèle à celle détectée au niveau des limbes foliaires, suggérant que sous l'effet d'un déficit hydrique sévère, le sucrose est exporté en dehors des feuilles (**Pinheiro et al., 2001**). L'activité de l'invertase acide vacuolaire est fortement corrélée avec la concentration de l'Acide abscissique (ABA) xylémique (**Trouverie et al., 2003**). Il existe également une indication que le glucose contrôle directement la biosynthèse d'ABA. (**Pinheiro et al., 2001**).

6.3-Le potassium:

Le potassium est disponible sous la forme du cation monovalent K^+ , Dans la pratique agricole, le potassium est habituellement apporté sous la forme de potasse (carbonate de potassium ou K_2CO_3) Pour la plupart des plantes, les besoins en potassium sont très importants. A cause de sa très grande solubilité, il est très souvent en quantité insuffisante dans les sols sableux, d'autant plus qu'il y est facilement lessivé, l'ion potassium exerce un rôle d'activation de nombreuses enzymes, en particulier celles impliquées dans la photosynthèse et la respiration, la synthèse d'amidon ainsi que celle des protéines est également affectée par des carences en potassium (**Hopkins, 2003**). Le potassium comme le sodium dans les cellules animales exerce aussi un rôle important dans l'osmorégulation, le transfert de potassium est le principal facteur de mouvements des plantes, comme les mouvements d'ouverture ou de fermeture des cellules de garde des stomates à la différence d'autres éléments, Le potassium ne semble pas contracter de liaisons avec les éléments structurels dans la plante, mais tout comme l'azote ou le phosphore, il est très mobile. Les symptômes de carence apparaissent d'abord dans les feuilles les plus âgées

qui présentent un aspect tacheté ou des signes de chlorose qui sont suivis de lésions nécrotiques sur le bord des feuilles (**Hopkins, 2003**).

En présence de potassium, la diminution de l'activité fixatrice est significativement ralentie, L'action favorable du potassium est également observée lors de la réhydratation des plantes soumises au déficit, Le rétablissement du potentiel hydrique et de la fixation symbiotique d'azote est plus important en présence de potassium , La fertilisation potassique exerce un effet positif sur la production de matière sèche aérienne aussi bien dans le cas des plantes soumises au déficit que des plantes régulièrement arrosées ; Les résultats montrent qu'un apport de potassium favorise la résistance du plante (**Hopkins, 2003**).

Sommaire

Introduction

Chapitre I: Revue bibliographique

Chapitre II: Matériel et méthodes

Chapitre III: Résultats et discussion

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Annexes

