



N° Ref :.....

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF de Mila

Institut des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire préparé En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biologie Appliquée et Environnement
Biotechnologie et Amélioration des Plantes

Thème

**Les réponses morphologiques et biochimiques chez
deux variétés de pois chiche (*Cicer arietenum* L.)
soumis à un stress hydrique.**

Préparé par :

- Belaloui Fatima
- Toumi Cheima

Soutenue devant le jury :

- | | |
|--|----------------------|
| - Présidente : <i>M^{me}</i> Boukkaria Sabah | Maitre assistantes A |
| - Examinatrice : <i>M^{lle}</i> Bouassaba Karima | Maitre assistantes A |
| - Promotrice : <i>M^{me}</i> Zaidi Sara | Maitre assistantes B |

L'année universitaire : 2015 / 2016

Sommaire

Dédicace	
Remerciement	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

I- Le Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	03
I-1 - Définition.....	03
I-2 -Origine géographique.....	03
I-3 - Taxonomie de Pois chiche	03
I-4 -Morphologie du pois chiche.....	04
I-4-1 - Système racinaire.....	04
I- 4-2 - Feuilles et tiges.....	05
I-4-3 - Fleurs et fruits.....	06
I-5- Les différentes étapes de développement du Pois chiche.....	07
I-5-1 - La phase végétative.....	07
I-5-2 - La phase reproductrice	08
I-6 - La production de pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L .).....	08
I-6-1 - En monde entier	08
I-6-2 - En Algérie	09
I-7 - Importance de la culture de pois chiche :	11
I-7-1 - Intérêt nutritif	11
I-7-2 - Intérêt agronomique.....	12
II- Le stress hydrique.....	12
II-1 - Les effets du déficit hydrique et ses conséquences sur les plantes	12
II-1-1 - Action sur le métabolisme glucidique.....	13
II- 1-2 - Action sur le métabolisme protidique.....	13
II-1-3 - Action sur le métabolisme lipidique	14
II- 1-4 - Action sur l'intégrité membranaire.....	14
II- 1-5 - Action sur la feuille	14
II- 1-6 - Action sur la transpiration	15

II-1-7 - Action sur la photosynthèse	15
II-2 - Importance de l'eau pour la plante.....	16
III- Les mécanismes d'adaptation au déficit hydrique.....	17
III-1 - Les paramètres phénologiques d'adaptation et l'échappement à la sécheresse.....	17
III-1-1 - L'esquive.....	17
III-1-2 - L'évitement	18
III-2- Paramètres morphologiques.....	18
III-2-1 - La tolérance avec potentiel hydrique élevé ou « retard dans la hydratation ».....	18
III-2-2 - Tolérance avec faible potentiel ou L'ajustement osmotique.....	20
III-2-3 - La résistance ou la tolérance à la déshydratation	21

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

I- le matériel végétal.....	23
II- Protocole expérimentale adopté	23
II-1- Localisation de l'essai	23
II-2- Condition de culture	23
II-3- Dispositif expérimental.....	23
III- Méthodes et mesures effectuées	24
III-1- Les paramètres morphologiques	24
III-1-1- La partie aérienne	24
III-1-2- La partie souterraine	24
III-2- Les paramètres biochimiques	25
III-2-1-Extraction et dosage de la chlorophylle.....	25
III-2-2-Extraction et dosage de la proline.....	26
III-2-3-Extraction et dosage des sucres solubles	27

CHAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSSION

I-Paramètres morphologiques :	29
I-1-La moyenne de la surface foliaire.....	29
I-2-Le nombre des entre nœuds.....	30
I-3-Le rapport MSR/MSA	31
I-4-La longueur des racines principales.....	32
I-5-Le nombre des feuilles par plant.....	33
II-Paramètres biochimiques :	34
II-1-Chlorophylle a.....	34
II-2-Chlorophylle b.....	35
II-3-Dosage des sucres solubles.....	36

II-4-Dosage de proline.....	37
Conclusion	39
Référence bibliographique.....	40
Annexe	51
Résumé	



Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes espoirs dans la vie, les plus chères personnes que je n'arrive pas

Et je n'arriverai jamais à rendre ce qu'ils m'ont donnés,

Les plus belles personnes du monde, mes parents, pour ses dévouements,

Ses compréhensions, ses grandes tendresses et ses prières pour moi.

Que dieu tout puissant les garde pour moi

Abdeldjalil et Malika

*Mon marie **Tabet Hamza** qui est toujours tout près*

de moi, pour me soutenir et

m'encouragé.

*Mes chères frères **Islem et Mohamed Ayoub***

Pour son soutient physique et moral.

*Mes chères sœurs : **Khadidja , Soumia et son marie***

Abdelghani

Pour leur soutien et encouragement.

Mes adorables nièces : Rimasse Darine et Rawan Silin

*A toute la famille : **Toumi.***

A tous mes enseignants du primaire, du secondaire, et du supérieur

*A tous mes amis «**Fatima,Samiha, Yousra, Khawla,Nouha ,Nawal**».*

Aux étudiants de biologie 2015 -2016

*Je dis à tous : «**Le difficile est ce qui peut être fait tout de suite,***

***L'impossible est ce qui demande un peu plus de temps**»*

Chaima

Dédicace

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments
les plus difficiles, Et ceux à qui je dois tant*

*A mon chère père qui j'aurai Souhaité être présent le jour de
Soutenance mais mon Dieu Voulu qu'il arrive Son paradis
A ma chère maman qui n'a jamais cessé de ménager ses efforts pour que
j'atteigne ce niveau et toute la famille **Guidoum***

*A mon marie **Ilyes** qui est toujours tout près de moi, pour me soutenir et
m'encouragé.*

*A mes cher frère
Khalil et Sid Ahmed*

*A toute ma famille **Belaloui***

A tous mes enseignants du primaire, du secondaire et du supérieur

*A tous mes très chers ami(e)s
« **Chaima, Khaoula, Samiha, Yousra, Besma, Manel, Nouha, Nawel** »*

Mes camarades de la promo de Biologie 2014-2015

*Que Dieu le tout puissant vous procure continuellement santé, bonheur et
tranquillité.*

Merci mon DIEU !

A decorative border of pink lily flowers with green leaves and stamens, arranged in a circular pattern around the text.

Remerciements

*Nous remercier tout d'abord
ALLAH le tout puissant de nous avoir
Donné la santé la patience, la puissance et
La volonté pour réaliser ce travail.*

*Nous nous exprimons nos plus vifs remerciements au Madame
Zaidi Sara*

*Que sa Profonde gratitude pour avoir orienté, dirigé ce travail et
Egalement pour tous ses conseils dans l'élaboration et la
Conception de ce mémoire.*

*Nos remerciements s'adressent également Madame
Boukaria Sabah*

*Qui nous fait l'honneur d'être le président de ce jury.
Nous sommes également très honorées de la présence, dans ce jury
Mademoiselle*

Bouasaba Karima

*Nos remerciements s'adressent également à toutes les personnes qui
Ont contribué à la réalisation de ce mémoire les ingénieurs de
Laboratoire de centre universitaire de Mila*

****Merci****

*A ceux et celles qui nous ont aidé d'une façon ou d'une autre
De près ou de loin
Dans notre travail, Nous les remercions du fond du cœur.*

Liste des abréviations

- ADH1** : Avec déficit hydrique conduit à 30%de la capacité au champ.
- ADH2** : Avec déficit hydrique conduit à 60%de la capacité au champ.
- C°** : Celsius.
- Cm** : Centimètre.
- Cm²** : Centimètre carré.
- DSS** : Dosage des sucres solubles.
- DP** : Dosage de proline.
- FAO** : Food agriculture organisation.
- Fig.** : Figure.
- G** : Gramme.
- H** : Heure.
- LO** : Longueur d'onde.
- LPR** : Longueur principale de la racine.
- Mg** : Milli gramme.
- MI** : Milli litre.
- MSA** : Matière sèche aérienne.
- MSR** : Matière sèche racinaire.
- Nben** : Nombre des entre nœuds.
- Nbf** : Nombre des feuilles.
- n.m** : Nano mètre.
- RA** : Rameaux.
- SF** : Surface foliaire.
- SDH** : Sans déficit hydrique maintenue 100% à la capacité au champ.
- T** : Témoin.
- Tab.** : Tableau.
- %** : Pourcentage.

Liste des figures

Fig.01 : Plantes de pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	05
Fig.02 : Fleurs et gousses de pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	06
Fig.03 : Formes et aspects des grains de pois chiche (<i>Cicer arietinum</i> L.).....	07
Fig.04 : Carte des zones de culture du pois chiche en Algérie.....	10
Fig.05 : La germination des graines de pois chiche.....	23
Fig.06 : Dispositif expérimental.....	24
Fig.07 : Les étapes d'extraction et dosage de chlorophylle.....	26
Fig.08 : Les étapes d'extraction et dosage de proline.....	27
Fig.09 : Les étapes d'extraction et dosage des sucres soluble.....	28
Fig.10 : La surface foliaire des plantes de (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	29
Fig.11 : Le nombre des entre-nœuds des plantes de (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	30
Fig.12 : Le rapport de MSR/MSA des plantes de (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	31
Fig.13 : La longueur principale de la racine des plantes de (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	32
Fig.14 : Nombre des feuilles des plantes (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	33
Fig.15 : La teneur en chlorophylle (a) des plantes (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	35
Fig.16 : La teneur en chlorophylle (b) des plantes (<i>Cicer arietinum</i> L.) sous différentes situations hydriques.....	35

Fig.17 : La teneur en sucre soluble des plantes de (<i>Cicer arietinum</i> . L) sous différent situations hydriques.....	36
Fig.18 : La teneur en proline des plantes de (<i>Cicer arietinum</i> . L) sous différents situations hydriques.....	38

Liste des tableaux

Tab. I : Principaux pays producteur du pois chiche dans le monde, campag2007-2008	09
Tab. II: Principaux légumes secs produits en Algérie.....	10
Tab.III : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pois	11
Tab. IV: Les mesures de la moyenne de la surface foliaire de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C)	52
Tab. V: Les mesures de la moyenne des entre nœuds de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).....	52
Tab.VI: Le rapport MFR/MSA de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).....	52
Tab.VII: Les mesures de la moyenne de longueur principale des racines de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).....	52
Tab. VIII: Les mesures de la moyenne des feuille par plant de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).....	52
Tab. IX: Les mesures de la teneur en chlorophylle a de 2 variété de pois chiche (Ghab 4, Flip90-13C).....	52
Tab. X: Les mesures de la teneur en chlorophylle b de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip90-13C).....	53
Tab. XI: Les mesures de densité de dosage des sucre soluble de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).....	53
Tab.XII: Les mesures de densité de dosage de proline de 2 variétés de pois chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).....	53
Tab. XIII: Courbe d'étannolage de la proline.....	53
Tab. XIV: Courbe d'étannolage des sucres solubles.....	53

Introduction

Les légumineuses alimentaires sont cultivées depuis fort long temps dans le monde et occupent une place importante dans l'alimentation humaine pour de nombreux pays en voie de développement. Celles-ci riches en protéines, permettent dans une certaine mesure de corriger les carences en protéines animales d'une population dont l'alimentation est exclusivement à base de céréales puisque un hectare de légumineuses alimentaires produit 1 tonne de protéines, soit dix fois plus qu'une production d'un élevage à viande sur la même surface.

En Algérie plusieurs légumineuses alimentaires sont cultivées, mais leur situation actuelle n'est pas encourageante. En effet, la culture de pois chiche Occupe une place importante dans l'alimentation, mais elle est loin d'avoir une place Équivalente à celle des céréales dans le système de production.

Néanmoins, sa production reste faible, le plus souvent notre pays à recours à l'importation de ce produit a fin d'atténuer ce déséquilibre, ce qui élève la facture d'importation des légumineuses évaluée à 355 millions de dollars.

La faible production agricole se justifie principalement par la persistance des contraintes abiotiques dont le stress hydrique reste le principal facteur limitant responsable de brusques variations du rendement. Donc le stress se produit lorsque l'absorption de l'eau par la plante est inférieure à la demande évaporatrice de l'atmosphère.

La sécheresse est largement reconnue comme le premier facteur limitant la production agricole mondiale. Globalement, 35% de la superficie cultivable peut être classée comme aride ou semis aride et, sur ce qui reste 25%des superficies au moins sont régulièrement soumises à des périodes de sécheresse.

La sélection des plantes dans des régions à forte contrainte hydrique implique une identification du mécanisme de résistance à la sécheresse, une analyse de leur interaction et une évaluation de leurs effets sur le rendement.

Plusieurs critères biochimiques ont été ainsi identifiés dans le but de distinguer les variétés résistantes au stress hydrique.

Cette identification présente au niveau des programmes de recherche qui visent la réhabilitation et l'alimentation de la production en région semis aride.

La tolérance à la sécheresse à un rendement de potentielle élevée impliqué une bonne connaissance des ressources génétiques disponible au sein de l'espèce de leur mécanisme d'adaptation à la contrainte hydrique.

Introduction

L'effet du déficit hydrique se traduit par des modifications morphologiques (pour augmenter l'absorption et diminuer la transpiration).

Le présent travail est réalisé dans un essai qui regroupe deux variétés de pois chiche de but de suivre leur comportement pour évaluer leur adaptation à la contrainte hydrique et notre travail basé sur l'étude des paramètres morphologiques racinaire et foliaire, biochimique pour mieux comprendre les mécanismes d'adaptation à la sécheresse.

La progression de cette étude comporte trois étapes successives dont la première consiste à une synthèse bibliographique concernant les connaissances acquises dans ce domaine pour définir les stratégies de résistance, la deuxième étape concerne la méthode utilisée de mesure expérimentale, la dernière étape concerne les résultats auxquels nous sommes parvenus ainsi que leur discussion.

Synthèse bibliographique

I- Le Pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

I-1-Définition :

Le Pois chiche est considéré parmi les plus anciennes cultures des légumineuses à travers le monde, 95% de cette culture est situé au Moyen Orient et au Sud-est de l'Asie (Govil et *al.*, 1986). Le mot cicer dérive du grec kiros référant à la famille romaine cicer *arietinum* découle du latin aries signifiant bélier du fait que la graine du Pois chiche du type kabuli ressemble à une tête de bélier (Muahlbauer, 1993; Loss et *al.*, 1998). Il est connu sous le nom de « Chickpea » en anglais, le nom scientifique est *Cicer arietinum* L., c'est une espèce qui développe surtout en Palestine en Irak en Turquie et à l'ouest de l'Asie puis il s'est répandu en Inde et en Europe. Il est cultivé en Pakistan, au Maroc, l'Inde, le Mexique à l'est de la méditerranée, en Espagne et la Russie.

Selon Van der M, 1987 *Cicer reticulatum* serait le pro générateur ou l'ancêtre commun du Pois chiche.

C'est une espèce diploïde à 2n chromosomes son cycle de développement est compris entre 90 et 180 jours selon les variétés, les facteurs biotiques et abiotiques (Auckland et Singh, 1975).

I-2 - Origine géographique :

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est parmi les premières légumineuses à graines domestiquées par l'homme (Van der M, 1987), il n'est pas connu à l'état sauvage; il semble être originaire d'Asie occidentale. Cependant, il est connu comme la légumineuse typique du bassin méditerranéen.

Le pois chiche est probablement originaire du Proche-Orient (Sud-est de la Turquie, Syrie) où trois espèces annuelles sauvages de Pois chiches existent encore dans cette région. Sa culture et sa consommation datent au moins du IXe siècle, selon des sources écrites et archéologiques. Le Pois chiche est particulièrement populaire en Inde ainsi que dans les pays musulmans. C'est un aliment intégré dans de nombreux plats populaires au Moyen-Orient, en Egypte, en Afrique du nord, en Espagne, en Sicile. Ces sont les explorateurs espagnols qui ont répandu sa culture dans le monde, particulièrement en Amérique latine.

I-3 - Taxonomie de Pois chiche :

Sur le plan taxonomique, le pois chiche est une plante appartenant à la famille des Fabaceae, sous famille de Papilionoideae, tribu de Cicereae, genre Cicer, contenant 40 espèces (Paterson et *al.*, 2000). Il se rattache à la famille des: Papilionacées, genre Cicer

et espèce (*Cicer arietinum* L.) (Saxena et Singh, 1987) et la classification selon l'APG III est comme la suite:

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Genre : *Cicer*

Nom binominal : *Cicer arietinum* L.

I-4 - Morphologie du pois chiche :

Le pois chiche (*Cicer arietinum* L.) est une espèce herbacée, annuelle diploïde.

- **Système racinaire :**

Le système racinaire mixte, dont la croissance s'arrête au démarrage de la floraison, permet à la plante d'explorer un grand volume de sol et lui confère une tolérance à la sécheresse (Slama, 1998). Il est composé d'une racine principale pivotante qui peut atteindre 1m de profondeur et des racines secondaires traçantes. La profondeur de l'enracinement dépend des techniques culturales, de l'état et de la nature du sol. En effet, la semelle du labour peut entraver l'élongation de la racine principale.

Dans les zones humides, les sols salins, lourds, stagnants et à réchauffement lent au printemps, les racines ont un développement limité et la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique est réduite (Jaiswal et Singh, 2001).

Les nodules, développés sur les racines, permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable. Cette fixation symbiotique est à son optimum à la floraison et chute très rapidement par la suite (Slama, 1998).



Fig.01 : Plante de pois chiche (*Cicer arietinum* L.)

a:système racinaire pivotant; **b:** tige; **c:** feuille imparipennées; **d** :fleur;**e:**gousse.(Anonyme, 2013)

- **Feuilles et tiges:**

Les feuilles ont la forme imparipennée (Poitier, 1981) et sont composées de 7 à 15 folioles ovales et dentelées, sans vrilles, en position alternée sur un rachis (Fig1). Les faces inférieures des feuilles Sont couvertes par un duvet formé de poils uni et pluricellulaires. Ces poils renferment des glandes qui synthétisent des acides organiques tels que l'acide oxalique (Slama, 1998).

Après émergence, la tige du pois chiche est herbacée et devient lignifiée avec l'âge (fig2). Comme pour les feuilles, la tige est couverte par des poils uni et pluricellulaires.

Selon les génotypes de pois chiche, à une certaine hauteur, la tige se ramifie en deux

ou trois branches pour donner des ramifications secondaires et par la suite des ramifications tertiaires.

- **Fleurs et fruits :**

Les fleurs zygomorphes, articulées, solitaires ou en grappes de deux fleurs insérées sur des pédoncules axillaires à l'aisselle feuilles et au niveau des bifurcations (fig2). Le pois chiche est une espèce autogame (Ladizinsky, 1987) caractérisée par une floraison massive. Seulement son taux de nouaison est faible et varie de 28 à 37% respectivement chez les types kabuli et Desi (Khanna et Sinha., 1987). L'apparition des premiers fleurs dépend de plusieurs facteurs tels que la précocité de la variété, la date et la densité du semis et des techniques culturales. La floraison rapide durant les jours longs et lente durant les jours courts dure selon les génotypes de 30jours. Toutefois, comme le pois chiche est une espèce à croissance indéterminée, sous des conditions hydrique favorables et des températures clémentes, les branches continuent à se développer, à fleurir et à produire des gousses et des graines (Fig2) (Leport et *al.*, 2006).

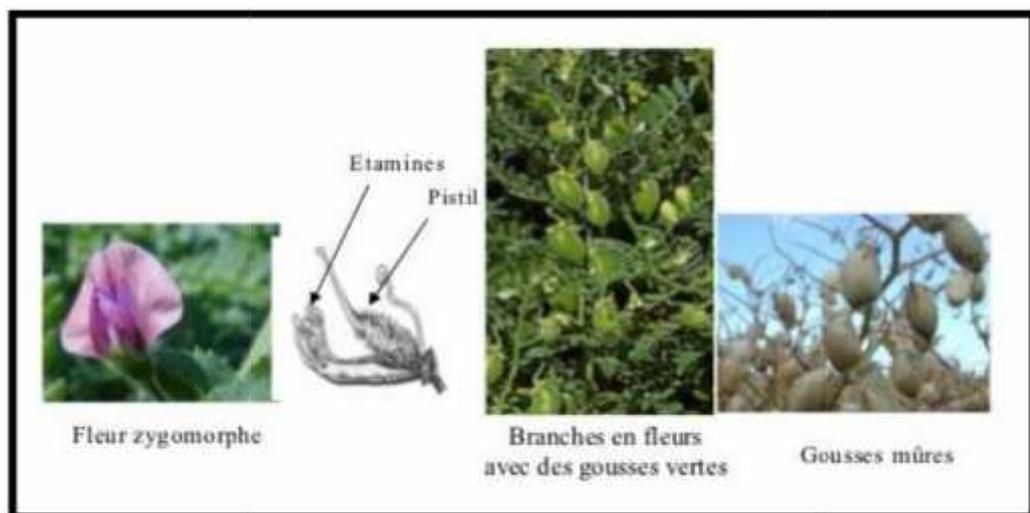


Fig.02 : Fleurs et gousses de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) (Turcotte, 2005).

Les premiers fleurs, dites pseudo-fleurs ou fausses fleurs, sont imparfaits et ne donnent pas de gousses. L'apparition de fleurs imparfaites est liée aux variations des conditions climatiques. Leur nombre augmente, surtout, sous les conditions d'humidité élevée et de températures basses, inférieurs ou égales à 15°C (Slama, 1998). En cas de précipitations faibles ou rares et de températures élevées, supérieurs à 15°C, avec un optimum entre 20 et 24° C, toutes les fleurs sont fertiles et les fausses fleurs sont presque

inexistantes (Khanna et Sinha., 1987).

Le fruit est une gousse de forme globuleuse, renflée, ovale velue, pendante et portant un bec (Fig3) (Ladizinsky, 1987).elle peut comporter de 1à 3 graines qui peuvent être lisses ou ridées, arrondies ou irrégulières (Fig3).

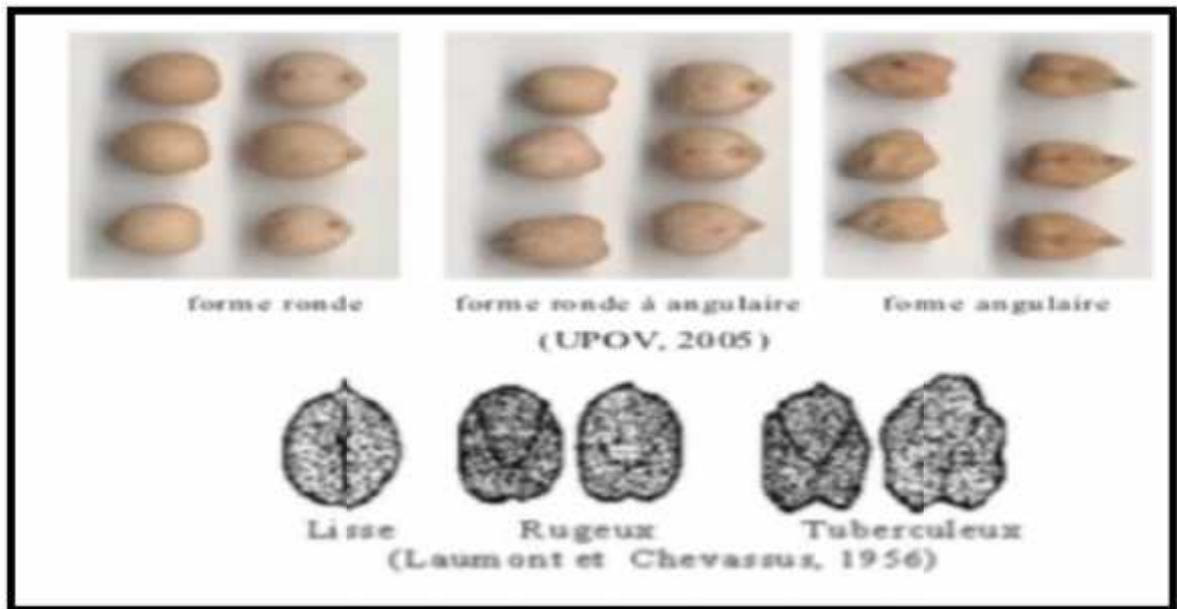


Fig.03 : Formes et aspects des grains de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) (Jaiswal et Singh, 2001).

La longueur de cycle du pois chiche, des types kabuli et Desi, dépend de la chaleur et de l'humidité disponible dans le sol. La récolte peut avoir lieu si l'humidité des graines est de l'ordre de 18% (Jaiswal et Singh, 2001).

I-5 - Les différentes étapes de développement du Pois chiche :

La période de croissance du Pois chiche se divise en deux phases importantes et qui sont :

5-1 - La phase végétative :

Elle commence par la levée à partir de la date de plantation et se termine par la floraison dont la vitesse de la livrée dépend de l'humidité et de la température du sol.

En ce qui concerne le nombre de la semence en graines cela revient à la capacité de sa levée (faculté de germinative), la date, la densité, et la méthode de semence. Il a été observé que la salinité du sol démine la capacité de levée de Pois chiche.

La plante de Pois chiche (tige et feuilles) croit dans les jours qui suivent la levée

puis, la croissance augmente pour atteindre sa vitesse maximale au moment de la floraison et le nombre des tiges principales varie de 1 à 8 et le nombre des tiges secondaires varie de 2 à 12, ces dernières portent le plus grand nombre de feuilles et fleurs. (Anonyme, 1999) Cette phase se distingue par une grande sensibilité aux maladies et aux mauvaises herbes.

I-5-2 - La phase reproductrice :

Cette phase commence par la floraison et se termine par la germination physiologique, la période de cette phase est longue chez le Pois chiche d'hiver et courte chez le Pois chiche de printemps. Il est probable qu'il y a une compétition entre les organes verts (tiges, feuilles) et ses organes productifs (gousse, graines). Cette phase est très sensible à la sécheresse. La germination du Pois chiche a lieu lorsque les tiges et les gousses prennent une coloration jaune claire et les graines deviennent fermes et dures, et l'humidité atteint les 13.

I-6 - La production de Pois chiche (*Cicer arietinum* L.) :

I-6-1 - En monde entier :

Au cours des 10 dernières années, la production mondiale a connu des hauts et des bas, allant de 6,76 millions de tonnes (Mt) en 2000-2001 à 9,56 Mt en 1998-1999, sans qu'il n'y ait de tendance à la baisse ou à la hausse. Durant cette période, l'Inde représentait de 60% à 70% de la production mondiale.

Les deux types de Pois chiches produits à l'échelle commerciale sont le Desi et le Kabuli. Les pays du sous-continent indien, ainsi que l'Australie, produisent surtout du Pois Desi, alors que le Canada produit à la fois du Desi et du Kabuli. Les autres pays produisent surtout du Kabuli. En moyenne, la production mondiale est constituée à 75% de Desi et de 25% de Kabuli. La production de kabuli est plus dispersée, donc moins variable que celle du Pois Desi. Les principales destinations par région (pays individuels), sont les suivantes : l'Asie (Inde, Pakistan et Bangladesh); l'Europe (Espagne, Italie, Portugal, Royaume-Uni et Belgique); le Moyen-Orient (Émirats arabes unis, Jordanie et Égypte); l'Afrique (Algérie); l'Amérique du Sud (Colombie et Brésil); l'Amérique centrale et les Caraïbes (Trinité-et-Tobago); et les États-Unis. Tandis que les exportations de Pois de type desi sont destinées principalement à l'Asie, celles des Pois de type kabuli sont destinées à toutes les régions du monde.

Tab. I: Principaux pays Producteur du pois chiche dans le monde, campagne 2007-2008
(FAO, 2010)

Pays	Production (tonnes)	Pays	Production (tonnes)
Inde	5, 970,000	Myanmar	225,000
Pakistan	842,000	Canada	215,000
Turquie	523,553	Ethiopie	190 ,000
Australie	313 ,000	Mexique	165,000
Iran	310,000	Irap	85,000

I-6-2 - En Algérie :

Le pois chiche est classé en deuxième place après les fèves et occupe 20% de la superficie totale des légumineuses alimentaires. Dans le domaine alimentaire le Pois chiche est considéré comme une source de protéine végétale et d'acides aminées en particulier la Lysine. Benbelkacem, (1982) a montré que les besoins de la culture du Pois chiche augmentent d'une année à une autre. La production a augmenté de 5.000 à 6000 tonnes en 1971, jusqu'à 47.000 tonnes en 1978, 52.000 tonnes en 1979, 89.000 tonnes en 1984, la superficie agricole a augmenté de 82.280 ha en 1971 à 125.590 ha en 1981. La production actuelle en Pois chiche est insuffisante pour les besoins du pays pour des raisons naturelles et humaines, elle ne dépasse pas guère les 5 ou 6 quintaux à l'hectare, toute fois on peut aller.

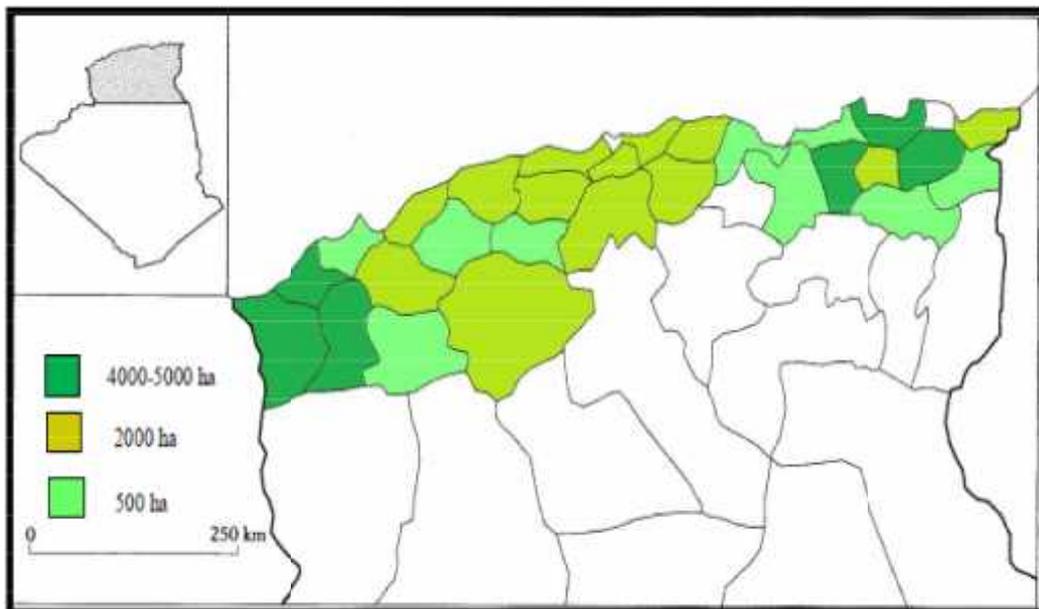


Fig.04 : Carte des zones de culture du pois chiche en Algérie

(Saxena et al., 1996)

Tab.02: Principaux légumes secs produites en Algérie (Moyenne 1993-2002

Source M.A1993-2003).

Légumes secs	Superficies		Production		Rendements
	Ha	%	Qtz	%	Qtz / ha
La fève et la féverole	40299	84.96	207042	50.27	3.13
Le Pois chiche	30487	37.04	161799	30.28	3.30
Pois sec	8627	10.48	29793	7.23	3.45
La lentille	1271	1.54	5021	7.23	3.95
Le haricot	1240	1.50	6480	1,22	3.22
Le Pois	377	0,46	1732	0,42	4.59
Totale	82301	100	411867	100	5.00

I-7 - Importance de la culture de pois chiche :

I-7-1 - Intérêt nutritif :

Frais ou secs, les pois ont en commun d'être des aliments riches en énergie et en protéines. Les pois secs sont comparables à d'autres légumineuses (haricots secs, lentilles, fèves sèches, pois chiches), et aux céréales par leur valeur énergétique (330 kcal/100g). La partie glucidique des pois est formée essentiellement d'amidon (50%) et de sucres (6%) saccharose et oligosaccharides (Varela et *al.*, 2004).

Ils sont aussi riches en protéines (Holwach, 1982). Celles-ci, à teneur élevée en lysine, sont toute fois déficientes en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et le tryptophane. En les associant avec des aliments à base de céréales tel que le pain, qui sont au contraire déficients en lysine, on obtient une bonne complémentarité. Les pois sont une bonne source de minéraux: potassium, phosphore, calcium et fer; ainsi que de vitamines B, notamment de (folate, vitamineB9). Ils se distinguent également par leur très faible teneur en matières grasses.

Les petits pois sont plus riches en eau (74%), n'apportent que 92 kcal/100 g (crus) mais plus énergétiques que la majorité des légumes verts. Ils sont plus riches en sucres solubles que les pois secs. Ils sont aussi intéressants pour leurs apports en lysine et en fibres. Les petits pois sont aussi une bonne source de vitamine C (Tableau III).

Tab.III: Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de pois (Tacques, 1985).

Glu /Lip/Prot	Vitamines	Sels minéraux	Acides aminés essentiels	Divers
Glucides 56g	Vitamine B1 0.7mg	Calcium 60 mg	Isoleucine 930 mg	Eau 12 g
Lipides 1.7g	Vitamine B2 0.2mg	Chlore 50 mg	Leucine 1480 mg	Fibres 15 g
Protides 23g	Vitamine B3 3.1mg	Fer 5.5 mg	Lysine 1620 mg	Cellulose 5g
	Vitamine C 3mg	Potassium 930 mg	Méthionine 210 mg	
	Vitamine K 930mg	Magnésium 130mg	Phénylalanine 1000 mg	

I-7-2 - Intérêt agronomique :

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation symbiotique d'azote se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches de *rhizobium* qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets mobiles (Broughton et Dilworth, 1971). Ces bactéries induisent chez la plante la formation des nodules sur les racines. En grande culture, l'agriculteur peut utiliser le pois en tête de rotation pour profiter de l'enrichissement du sol en azote.

II- Le stress hydrique :

Le stress hydrique peut entraîner une diminution du développement et la qualité du produit.

Les processus impliqués dans l'élaboration du rendement d'une culture sont influencés par deux types de facteurs : intrinsèque à la plante et les facteurs environnementaux. Les stress environnementaux abiotiques affectant une culture peuvent occasionner des pertes de rendement considérable.

La réponse de la plante au stress est complexe car elle dépend à la fois de la sévérité du stress, de sa durée, de la phase de développement et de l'état dans lequel se trouve la plante quand le stress est déclaré (Aidaoui, 1994). De nombreux chercheurs ont étudié les réponses des plantes au stress hydrique (Hsiao et *al.*, 1976).

II-1 - Les effets du déficit hydrique et ses conséquences sur les plantes :

- L'organe qui subit l'effet du déficit hydrique en premier est le limbe (chez le blé). Il cesse sa croissance, s'enroule et après l'anthèse, accélère sa sénescence si le stress dure.
- Il réduit la taille des feuilles, leur surface verte, la durée du cycle et par conséquent la capacité photosynthétique se déprime (Turner et *al.*, 1986).

En général, l'essentiel de la diminution de la photosynthèse décroît quand le stress hydrique est de plus en plus important (Boyer, 1970).

- L'acide abscissique (ABA) qualifié « hormone de stress » est synthétisée rapidement et semble avoir un rôle important dans la réponse au stress, dans l'inhibition de la photosynthèse et le ralentissement de la croissance des feuilles.

- Le déficit hydrique peut également diminuer la pression de la turgescence de la plante et par conséquent provoquer une perte d'eau du contenu cellulaire. Cette perte peut engendrer des effets physiologiques très importants (Gate, 1995). Ces réactions au déficit hydrique ont un rôle effectif dans l'acquisition de la tolérance.

La tolérance est la stratégie qui permet à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré une dégradation de son état hydrique. Le maintien de la turgescence lors d'un déficit hydrique permet de retarder la fermeture des stomates (Passiourra, 1996), de maintenir le volume chloroplastique et de réduire le flétrissement foliaire.

Cette aptitude confère à la plante une meilleure tolérance au déficit hydrique interne. Elle permet un fonctionnement prolongé de la photosynthèse. Les produits carbonés peuvent alors être utilisés autant pour l'ajustement que la croissance racinaire.

Au niveau cellulaire, l'ajustement osmotique joue un rôle déterminant dans le maintien de la turgescence aux faibles potentiels hydriques foliaires.

La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes.

A. Action sur le métabolisme glucidique :

Lors d'un déficit hydrique, l'un de ses effets majeurs, est qu'il affecte le métabolisme composé organique. Les changements dans le contenu des carbohydrates sont particulièrement importants vu leur relation directe avec plusieurs processus physiologiques tels que : la photosynthèse, translocation et respiration (Wang et Stuttle, 1992 ; Kiniry, 1993 ; Al hakimi et *al.*, 1995).

B. Action sur le métabolisme protidique

Le contenu en protéines dans les feuilles diminue suite au manque d'eau. Les plantes C3 répandent l'insuffisance de l'eau par une diminution plus prononcée de leurs protéines au niveau des feuilles que les plantes C4. La diminution du pool protéique est causée par l'inhibition de la synthèse et l'augmentation du catabolisme suite à l'activité hydrolytique accrue (Thompson, 1980 ; Kusaka et *al.*, 2005).

L'enzyme principale, ribulose bis phosphate carboxylase-oxygénase est digne d'une considération spéciale, sa quantité dans les feuilles représente 50% des protéines ; d'ailleurs, la déshydratation cause une diminution dramatique (environ deux fois) de la protéine la plus abondante sur terre (rubisco) (Lorimer, 1981 ; Cherneyad'ev, 2005).

C. Action sur le métabolisme lipidique :

En ce qui concerne les lipides foliaires notamment les membranes chloroplastiques, de nombreux travaux ont montré que la teneur diminue et que leur composition est modifiée (Millar *et al.*, 1996 ;Priault *et al.*,2007).

La dégradation des lipides membranaires, tout comme celle des protéines, perturbe fortement le fonctionnement cellulaire et provoque une réduction de la perméabilité sélective, ce qui influence les échanges moléculaires intra et intercellulaire et le transport d'électrons (Taiz and Zeiger, 2002 ;Priault, 2006).

D. Action sur l'intégrité membranaire :

De nombreuses études ont montré le rôle des membranes cellulaires dans résistance des végétaux à la sécheresse.

Dans le cas de certaines espèces sensibles à la déshydratation, l'organisation générale de la cellule peut être affectée, dans la mesure où la sécheresse conduit à une perte de la compartimentation et à une destruction de certains organites cellulaires. Le tonoplaste se scinde en petites vacuoles, les crêtes mitochondriales se dégradent et les chloroplastes perdent leur organisation moléculaire (Dubos, 2001 ; Priault, 2006).

Ces altérations résultent des réactions chimiques, enzymatiques et des destructions mécaniques par plasmolyse. En condition de stress hydrique, l'activité de plusieurs enzymes s'intensifie. C'est le cas de l'invertase, des amylases, de la ribonucléase des phosphatases acides et des lipases alcalines. Ce phénomène pourrait être à l'origine de la perméabilité des différentes membranes cellulaires et de la perte d'électrolytes du milieu intra vers le milieu extracellulaire (Heller *et al.*, 1998 ; Dubos, 2001 ; Taiz and Zeiger, 2002 ; Priault, 2006).

E. Action sur la feuille :

Chez la majorité des espèces végétales, le déficit hydrique diminue la taille des feuilles ; d'autres changements incluent l'épaississement des parois cellulaires, cutinisation de la surface foliaire et un mauvais développement du système conducteur.

Les feuilles des plantes steppiques deviennent plus épaisses ; l'épaississement se manifeste comme une augmentation du rapport entre la feuille à sa surface, ce paramètre est la densité spécifique foliaire (Chernyad'ev, 2005).

En réduisant la taille des feuillets et leur surface verte, le stress hydrique diminue la durée de vie de la feuille et par voie de conséquence, la capacité photosynthétique (Turner *et al.*, 1987 ; Martre, 1999).

F. Action sur la transpiration :

Les modifications qui affectent la feuille ont des répercussions directes sur la transpiration ; la plante ferme ses stomates pour réduire ses pertes en eau. Cette fermeture va entraîner des modifications physiologiques, morphologiques et phénologiques. L'entrée du CO₂ est également verrouillée lors de cette fermeture, entraînant une perturbation de l'activité photosynthétique. La fermeture emprisonne une bonne part de l'énergie destinée à être dissipée par transpiration, ce qui a pour conséquence l'augmentation de la température foliaire (Kotchi, 2004).

Plusieurs rapports suggèrent que les stomates des feuilles puissent se former d'une façon non- uniforme à travers la surface de feuille en réponse à l'ABA (Ward et Bunce, 1987 ; Terashima *et al.*, 1988 ; Vasey et Sharkey , 1989).

G. Action sur la photosynthèse :

Il existe une relation linéaire entre la teneur en eau de la feuille et la réponse photosynthétique. La réduction de l'activité photosynthétique peut être causée par des facteurs stomatiques (fermeture des stomates), des facteurs non stomatiques (diffusion du CO₂ vers les sites de réduction, inactivation des enzymes de l'incorporation du CO₂ ...) et des facteurs liés à la redistribution des néo-assimilés (Matthews et Boyer, 1984 ; Seeman *et al.*, 1987 ; Vasey *et al.*, 1991).

Les effets directs de potentiels hydriques sur le chloroplaste provoquent une diminution de la demande en CO₂ dont la concentration hydrique sur le chloroplaste provoque une diminution de la feuille. Les activités de transport d'électron et de photophosphorylation sont réduites dans le chloroplaste. Ces effets sont le reflet de lésions des membranes des thylacoïdes et de la protéine ATP synthétase. De plus, les effets inhibiteurs d'un potentiel hydrique faible sont accrues par les concentrations élevées de magnésium, concentration qui apparaît dans la feuille déshydratée (Benlaribi, 1990 ; Kromer, 1995).

L'inhibition de la photosynthèse est centrale et a souvent été conçue pour être provoquée par une réduction de la conductivité stomatique, peut-être en raison de

l'élévation des quantités d'ABA qui limite la disponibilité du CO₂ à la l'intérieur de la famille (Vassey et Shakey, 1989 ; Alves et Stter, 2004).

Le déficit hydrique provoque une diminution de la teneur en pigments photosynthétique (chlorophylles et caroténoïdes), des changements du rapport chlorophylle (a/b), des altérations des feuilles et des structures des chloroplastes, inhibe les réactions claires et sombre de la photosynthèse, et empêche la biosynthèse des protéines cellulaire. En particulier, cette suppression affecte l'enzyme principale de la photosynthèse, Rubisco, qui diminue l'intensité de l'assimilation photosynthétique du dioxyde de carbone et accélère le vieillissement des feuilles (Chernyad'ev, 2005).

- **Rapport chlorophylles a/b**

Le contenu de la chlorophylle a et b diminue à différents taux, ce qui change le rapport des deux pigments. Le plus fréquent, la baisse dans la teneur de la chlorophylle b, observée ou le déficit hydrique est bien prononcé, est plus considérable que celle de la chlorophylle a ; c'est du au fait que la chlorophylle b est plus susceptible de la destruction provoquée par le manque d'eau et à l'exposition aux températures élevées. En conséquence, le rapport chlorophylle a/b est augmenté (Chernyad'ev, 2005).

Cependant, la capacité biochimique de la photosynthèse semble également être empêchée, suggérant que la photosynthèse puisse être limitée par les effets biochimiques. La réponse du potentiel hydrique est diagnostiquée pour ces mécanismes. Si potentielle hydrique diminue quand les feuilles de déshydratent, la photosynthèse serait limitée par la conductance stomatique. Si potentielle hydrique augmente, l'inverse est vrai, et la photosynthèse serait limitée par une activité biochimique (Sharp et Boyer, 1986, Seemann et Sharkey, 1987 ;Vassey et Sharkey , 1989).

II-2 - Importance de l'eau pour la plante :

L'eau est un élément vital, outre son rôle dans la photosynthèse, l'accumulation des éléments nutritifs ainsi que dans la division cellulaire et la régulation thermique l'eau joue un rôle essentiel dans la croissance et le développement des plantes cultivés (Riou, 1993).

Les besoins de la plante se limitent à l'eau et aux substances minérales du sol, ainsi qu'au CO₂ et O₂ de l'atmosphère. Sa matière fraîche est composée d'environ 70 à 80% d'eau (Heller et *al.*, 1998). La grande quantité d'hydrogène et d'oxygène des constituants de matière sèche provient de l'eau, il reste donc une source alimentaire directe (Gate, 1995) et elle constitue surtout le milieu intérieur des plantes (véritable matrice vitale de

leur fonctionnement). Les différents organes de la plante renferment entre 80 à 90 % d'eau, c'est l'eau d'imbibition (Bethenod, 1980).

Au niveau de l'organisme elle sert à véhiculer les substrats nutritives, déchets et hormones (Heller et *al.*, 1998). Le fonctionnement de la plante nécessite que l'eau qui s'évapore par la transpiration, soit remplacée par l'eau absorbée par les racines au niveau du sol. Essentiellement l'entrée et la circulation de l'eau dans la plante résultent d'un mécanisme passif, l'osmose.

L'équilibre hydrique de la plante passe par une perte de vapeur, un phénomène nommée transpiration. Si l'absorption de l'eau par la plante est inférieure à la demande évaporatrice de l'atmosphère, on parle alors d'une situation de déficit hydrique (Acevedo, 1991 ; Blum, 1996) et par conséquent, les processus physiologique commencent à être affectés.

III- Les mécanismes d'adaptation au déficit hydrique :

En réponse au déficit hydrique, les végétaux développent plusieurs stratégies qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu.

L'adaptation à la sécheresse d'une plante cultivée, se définit comme la capacité de cette dernière à survivre et s'accroître du point de vue physiologique et de point de vue agronomique par l'obtention d'un rendement plus élevé que celui des plantes sensible (Turner, 1979).

La résistance globale d'une plante à la sécheresse apparait comme la résultat de nombreuses modification phénologique , anatomique , morphologique et biochimique interagit pour permettre la maintien de la croissance, la développement et la production (Araus et *al.*, 1993 ; Hsussou , 1994) .

III-1 - Les paramètres phénologiques d'adaptation et l'échappement à la sécheresse :

III-1-1 - L'esquive :

La stratégie la plus utilisée par les sélectionneurs pour identifier les variétés plus tolérantes aux stress est l'esquive par raccourcissement de la durée du cycle.

La précocité est la plus souvent associée à une amélioration du rendement et de l'adaptation aux stress conduisant à régularité de la production (Pfeiffer, 1993). Elle permet à la plante d'accomplir leur cycle de développement avant l'installation de la contrainte hydrique. Grâce à la précocité, le rendement a été amélioré chez les espèces annuelle (Turner, 2001), les légumineuses (Subbarao, 1995) et chez céréales (Fukai,

1995,1999).Elle est plus marquée par l'installation d'un déficit hydrique fréquent en fin de cycle.

Pendant les sélections de variétés à cycle court ne permettent pas toujours d'améliorer le rendement dans la cas ou la déficit hydrique se déclare en cours de cycle de développement (Khafaoui ,1985) Turner et *al.*, en 2000 montrent que la réduction de la variabilité entraînant une réduction de la plasticité phénologique, elle est constituée comme une stratégie risquée dans le cas des légumineuses .

III-1-2 - L'évitement :

L'évitement est défini comme la capacité d'une plante à supporter une sécheresse en évitant une déshydratation des tissus. D'abord le maintien du potentiel hydrique interne satisfaisant en présence de contrainte hydrique (Levitt, 1985 ; Turner, 1986). Ce mécanisme se fait selon deux réponses :

- La première réponse est l'aptitude des racines à exploiter les réserves en eau du sol sous stress (Hsiao et Acevedo, 1974 ; Passioura, 1988 ; Adda et *al.*, 2005).
- La seconde réponse est constituée par la réduction de surface foliaire, la régulation de l'ouverture et fermeture des stomates (Turner, 1977 ; Ludlow et *al.*; 1986).

III-2 - Paramètres morphologiques :

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 : réduction de la surface foliaire et du nombre de tiges, enroulement des feuilles et/ou meilleur développement du système racinaire.

III-2-1- La tolérance avec potentiel hydrique élevé ou « retard dans la hydratation » :

A. Régulation stomatique :

Lorsque 'un déficit hydrique survient, la réduction de l'ouverture stomatique permet de préserver rapidement l'état hydrique de la plante. une faible conductance stomatique est généralement proposée comme un trait favorable à l'adaptation à la sécheresse.

Néanmoins, la fermeture stomatique réduit l'assimilation du CO₂ et conduit à une réduction de l'activité photosynthétique (Bennet, 1984) montre qu'il existe des différences inter variétales chez les légumineuses, notamment chez le niébé et l'arachide.

La fermeture des stomates est contrôlée par un signal hormonal, l'acide abscissique ou ABA en réponse à l'assèchement du sol (Tardieu, 1996). Chez les légumineuses, les travaux sur l'intervention de l'ABA ne concernent que le lupin (Turner, Gallardo, 1994), sur l'arachide il semble que le potentiel hydrique et la fermeture des stomates soient en liaison directe (Bennet, 1984 ; Clavel *et al.*, 2005). Par ailleurs, d'autres auteurs attribuent le mécanisme de fermeture des stomates au contrôle hormonal (acide abscissique, cytokinine) (Tardieu *et al.*, 1996).

Par exemple l'obscurité entraîne généralement la fermeture des stomates sauf chez les plantes à métabolisme photosynthétique du type CAM, qui ouvrent leurs stomates la nuit et les ferment le jour. Il s'agit d'une adaptation de ces plantes aux conditions d'aridité.

B. Réduction de la surface transpirante :

Le ralentissement de la croissance tissulaire, la sénescence et la chute des feuilles âgées sont souvent observées chez les espèces soumises à la sécheresse. Dans la mesure où ils réduisent la surface transpirante, ces-les maïs, le sorgho, l'olivier et chez plusieurs autres espèces des régions arides.

Bethenod, (1980), a montré que l'enroulement foliaire de riz permet la réduction de la surface transpirante et le maintien d'un potentiel hydrique adéquat.

C. Réduction de 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. (Bethenod, 1980), montrent que l'enroulement des feuilles entraîne une diminution de 40% à 60% de la transpiration, le phénomène d'enroulement des feuilles peut se manifester quand la sévérité du stress est de -0,8 à -1,0 MPa et on observe l'enroulement complet vers -2,0 à -2,5 MPa, ce qui correspond à des conditions de déficit hydrique intense.

D'après Blum (1989), les feuilles très étroites permettent une réduction des pertes en eau. Les travaux de (Vessay *et al.*, 1991), montrent l'existence de différences significatives, entre les différentes espèces de blé tétraploïdes et hexaploïdes, pour le nombre stomates et la surface foliaire.

D'après Seema, *et al.*, (1987), le port des feuilles serait lié à la tolérance à la sécheresse. Chez l'orge, les feuilles verticales étroites seraient plus favorables à une adaptation au stress hydrique que les feuilles larges et flasques.

D. Système racinaire :

L'efficacité de l'extraction de l'eau du sol par les racines parmi les types d'adaptation permettant à la plante d'éviter ou, plus exactement, de retarder la déshydratation de ses tissus. 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, 1976).

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) Son impact sur le rendement est particulièrement élevé car elle intervient directement dans l'efficacité d'utilisation de l'eau en conditions de stress. Un système racinaire extensif permet au blé de mieux résister à un stress hydrique.

Cependant, deux types de raisons limitent beaucoup l'utilisation des critères racinaires par les sélectionneurs. L'impraticabilité du criblage au champ pour cette caractéristique sur une grande échelle et la difficulté de corréler des observations au champ à celles qui sont faites en pots. L'absence d'une compréhension précise du rôle exact des racines en conditions de ressources hydriques limitées est un autre facteur limitant à la mise en place d'un système de criblage efficace.

II-2-2- Tolérance avec faible potentiel ou L'ajustement osmotique:

Dans le cas d'abaissement du potentiel hydrique, s'exprime par un maintien de la turgescence, rendu possible grâce au phénomène d'ajustement osmotique. En condition de stress hydrique, il induit au niveau de la plante une baisse du potentiel par l'augmentation de la concentration des solutés intracellulaire d'une manière active (Turner et *al.*, 1987; Blum, 1989 ; Gnaasiri et *al.*, 1992 ; Galaud et *al.*, 1995; Galiba et *al.*, 1995).

Il aide dans le maintien de la turgescence cellulaire, qui est à la base de la préservation de plusieurs fonctions physiologiques, car elle permet d'empêcher la fermeture des stomates, donc de maintenir la photosynthèse, la transpiration, l'assimilation du carbone et l'élongation cellulaire dont la turgescence est la force motrice.

L'ajustement osmotique permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques (Santarius, 1967). Par ailleurs, il apparaît comme un mécanisme clé dans la tolérance à la déshydratation. Il a été observé chez différentes espèces végétales tel que l'olivier et les arbres fruitiers tel que la vigne (Rodriguez et *al.*, 1993), chez certains

légumineuses, tel que le soja (Obaton,1995),tournesol (Nouri,2002),chez orge (Blum, 1989 ; Lewicki, 1993).

Les capacités d'ajustement osmotique sont variables chez les plantes et dépendantes de la variété, des modalités d'installation de déficit hydrique et l'âge de la famille (Rorigues et *al.*, 1993). Déplus, il peut intervenir à tous les stades de développement.

La capacité d'ajustement osmotique d'un végétale est liée à sa capacité d'accumuler au niveau symplasmique certains solutés de manière active (Blum, 1988 ; Korichi, 1994.) Les solutés impliqués (Patakas et Noitsakis, 1999). C'est des composants majeurs de cet ajustement au niveau des feuilles de nombreuses espèces végétales (Morgan ,1984 ; Flores et Galston ,1984 ; Good et Zaplachinski, 1994).

L'adaptation à des milieux aux régions hydrique et thermique est associé à l'ajustement osmotique à une plus grande production de biomasse racinaire et à un plus grand transferts des réserves d'assimilas vers le grain en plein croissance sous l'effet de stress (Blum et *al.*, 1991 ; Richards et *al.*, 1997).

III-2-3- La résistance ou la tolérance à la déshydratation :

A. Accumulation de proline :

Jones et *al.*, (1980) rapportent que les teneurs en acides aminés augmentent de façon très significative chez le sorgho et le tournesol en cas de stress hydrique. Parmi les acides aminés qui peuvent être accumulé, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquée des stress hydrique et osmotique. Dés (Singh et *al.*, 1973)proposent de l'utiliser comme critère de tolérance de l'orge à la sécheresse.

Plusieurs sélectionneurs et physiologistes ont la capacité de son accumulation dans le criblage des phénotypes résistantes au déficit hydrique (Benlaribi et Monneveux, 1998) sur le blé dur, (Bellinger et *al.*, 1989) sur le maïs , au froid (Dorfiling et Askman, 1989) sur le blé tendre et la salinité chez *Artémisia alba*.

La particularité dans l'accumulation de la proline par plantes hautement stressées peut être un des paramètres pour caractériser le développement de la tolérance à la salinité chez les glycophytes (Paquin et Palleter, 1978).l'accumulation de proline induite par les stress peut être le résultat de trois processus complémentaires : stimulation de la synthèse, inhibition de son oxydation et/ou altération de la biosynthèse des protéines.

L'accumulation de proline est initialement associée au déficit hydrique ; cette hypothèse fut confirmée plus tard par (Levitt, 1985) sur l'orge et (Turner, 1986) sur la vigne et le haricot.

La synthèse de la proline peut être incluse dans la régulation du PH cytoplasmique, (Bellinger et Lahrer, 1989) .Par conséquent, elle aide dans la stabilisation des protéines membranaires et des protéines libres, ce qui confère un rôle osmoprotecteur, du fait qu'elle est accumulée dans les plastides, les mitochondries et le cytosol et non dans les vacuoles. Ceci suggère que les chloroplastes et les mitochondries importent la proline et la vacuole a une activité exportatrice du moment que la concentration de la proline est faible à son niveau par rapport au cytosol au cours du stress.

B. Accumulation des sucres solubles :

Le stress hydrique tend donc à induire une augmentation caractéristique de la teneur en saccharose dans les feuilles. une accumulation de la teneur en sucre a été également mise en évidence chez le sergho et le blé (Tari et *al.*, 2000).

Elle pourrait contribuer à la réalisation d'une pression osmotique qui limite la transpiration.

Le taux des sucres augmente considérablement chez des soumises aux différents types de stress, en effet, cela a été vérifié par (Turner, 2001) chez des arbres adultes d'eucalyptus sous différents stress hydrique par (Kameli et Losel., 1995), chez le blé suite à un déficit hydrique et (Noiraud et *al.*, 2000)chez le céleri sous stress salin.

Les principaux sucres accumulés sont le glucose, fructose et le saccharose (Hare et *al.*, 1998). Elles jouent un rôle dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base de différents processus contrôlant l'activité d'une plante.

Matériels et méthodes

I- le matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé est composé de deux variétés de pois chiche (*Cicer arietenum* L.) Flip 90-13C et Ghab4 d'origine et de comportement au déficit hydrique déférent, les semences utilisées sont fournies aimablement par l'institut technique des grandes cultures (ITGC) de Lekhroub.

II- Protocole expérimentale adopté :**I-1-Localisation de l'essai :**

L'essai a été réalisé dans une serre, au niveau du centre universitaire de Mila. Le déroulement de l'essai est conditionné par des températures diurnes de 30°C et 12° C nocturnes, ces températures sont maintenues par une climatisation naturelle.

II-2- Condition de culture :

Les graines sont mises en germination dans des boîtes de pétri pendant une semaine jusqu'à la formation de radicule puis les plantules sont repiquées dans des pots de 4Kg contenant le sol et le sable.



Fig.05 : la germination des graines de pois chiche.

II-3- Dispositif expérimental :

Les pots sont disposés en trois traitements (SDH, ADH1, ADH2) répétés trois fois. Pour le bloc SDH (traitement sans déficit hydrique), les plantes sont irriguées à la capacité au champ. Ce traitement est considéré comme témoin.

Le bloc ADH1 (traitement avec déficit hydrique 1) les plantes subissent un déficit hydrique d'intensité de 60 % de la capacité au champ.

Le bloc ADH2 (traitement avec déficit hydrique 2) les plantes subissent un déficit hydrique d'intensité de 30% de la capacité au champ.

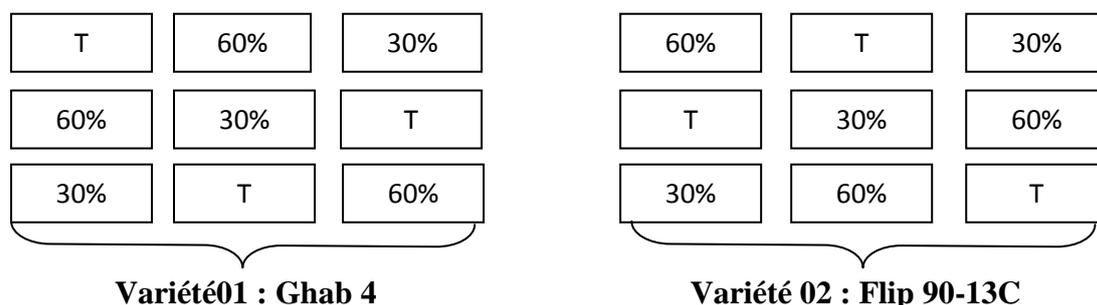


Fig.06 : dispositif expérimental.

III- Méthodes et mesures effectuées :

Les mesures ont été réalisées à la fin de l'expérimentation après formation des fleurs sur les paramètres morphologiques et biochimiques de la partie aérienne et souterraine.

III-1- Les paramètres morphologiques :

III-1-1- La partie aérienne :

- **La surface foliaire (SF)**

Ce paramètre consiste à mesurer la longueur et la largeur de la feuille d'une plante, il indique la production de biomasse végétative liée à la photosynthèse à base de la mesure de la surface foliaire. La surface foliaire a été déterminée par la formule suivante:

$$\text{Surface foliaire en cm}^2 = (\text{L} \times \text{H}) / 2$$

L: Largeur de la feuille de pois chiche.

H: Hauteur de la feuille de pois chiche.

- **La matière sèche de la partie aérienne :**

Cette partie a été récupérée par section des plantes au niveau du collet, elle a été déterminée par passage à l'étuve à 80°C pendant 48 heures.

- **Le nombre des entre-nœuds :**

Sur la tige principale, on compte le nombre total des entre-nœuds.

- **Le nombre des feuilles/plante :**

Ce paramètre est un indicateur important pour mesurer la biomasse végétative.

III-2- La partie souterraine :

A la fin de l'expérimentation, les pots sont vidés de leur contenu par jet d'eau. Les racines sont lavées délicatement et récupérées pour subir une série de mesures.

- La longueur de l'axe principal est déterminée à l'aide d'un mètre ruban.
- La matière sèche de la partie souterraine est obtenue par élevage à une température de 80°C pendant 48 heures.

Après l'élevage des deux parties aérienne et souterraine, on évalue le poids sec racinaire sur le poids sec aérien MSR/MSA.

III-2- Les paramètres biochimiques :**III-1- Extraction et dosage de la chlorophylle :**

Ce test a été effectué au stade de floraison, selon la méthode de (Holden, 1975) in (Alioui, 1997). Le dosage s'effectue comme suit :

Les échantillons des différents traitements sont pesés 01 g pris sur les tiers médian de feuilles développés a constitué l'échantillon (a) de base 25ml d'acétone (80%) et une pincée de carbonate de calcium CaCO₃ (b) sont ajoutés après le broyage totale la solution filtrée (c) est placée dans des boîtes noires pour éviter l'oxydation photonique de la chlorophylle (d). 3ml de la solution sont prélevés, et en fait la lecture de la densité d'ondes 645 nm et 663 nm (e).

L'étalonnage et l'appareil a été réalisé avec l'acétone (80%). Selon la formule d'Arnon, 1949 et Alioui, 1997, la détermination de la chlorophylle (a+b) est faite :

Chlorophylles (a+b) = 8.02 (DO.663) +20.20 (DO645).

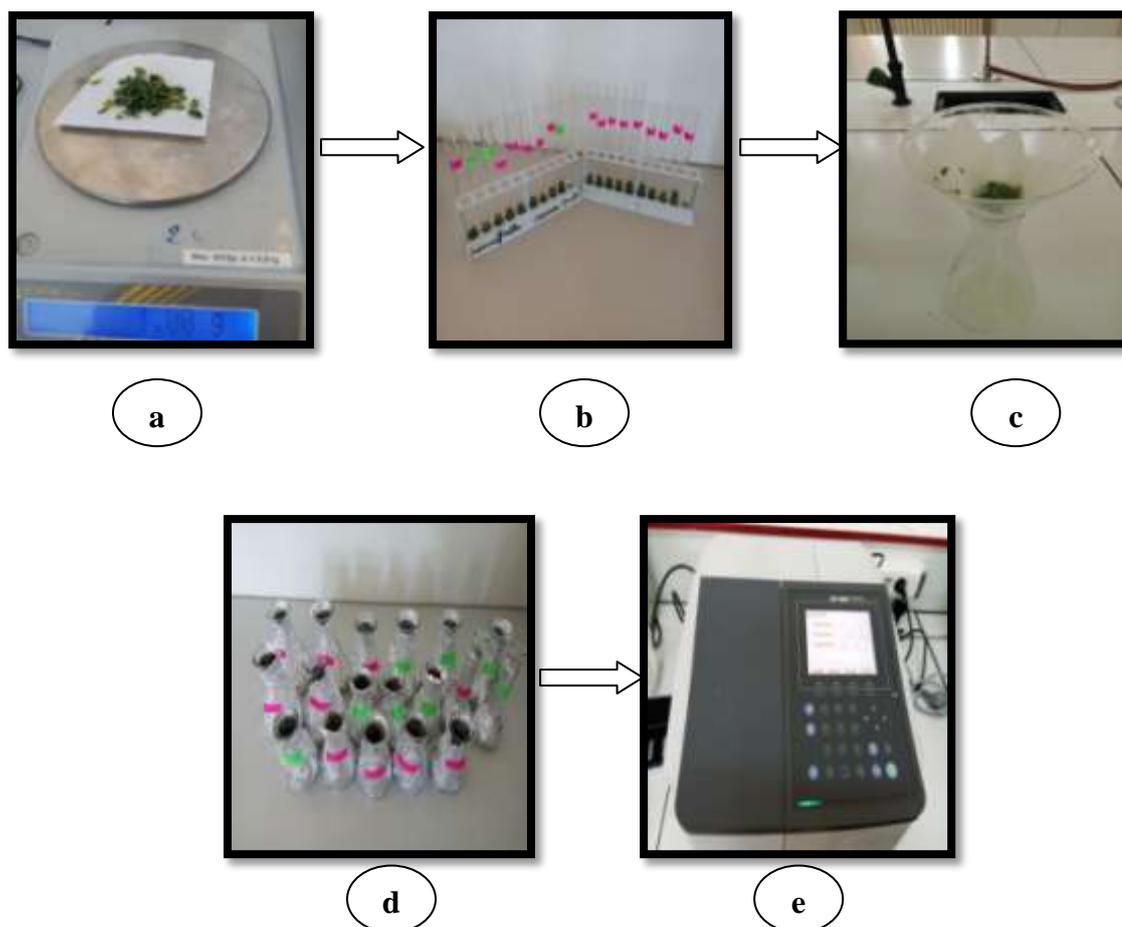


Fig.07 : Les étapes d'extraction et dosage de chlorophylle.

III-2-2- Extraction et dosage de la proline :

La méthode utilisée est celle de (Trolls et Lindsey, 1955) simplifiée par (Rancio et *al.*, 1987).

Cette méthode consiste à placer des échantillons de 100 mg de matière fraîche (a) dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40% (b). L'ensemble est porté à 85° dans un bain marie pendant une heure (c) (les tubes sont recouverte de papier aluminium afin d'éviter la calorisation de l'alcool). Après refroidissement on prélève 1 ml d'acide acétique, 25 mg de ninhydrine et 1ml de mélange (120 ml d'eau distillée +300ml d'acide acétique + 80ml d'acide orthophonique de densité 1.7. La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30 mn ; la couleu vire au rouge, on refroidit et on ajoute 5ml de toluène. Deux phases se séparent la phase supérieur contient la proline et la phase inférieure sons proline. Après avoir récupérer la phase supérieur (colorée en rouge) on ajoute du Na₂SO₄ a

l'aide d'une spatule afin d'éliminer l'eau qu'elle contient (**d**). La dernière étape consiste à mesurer la densité optique au spectromètre à une longueur d'onde de 528 nm (**e**).

La valeur obtenue est convertie en concentration en proline par le biais d'un courbe étalon préalablement établie à partir d'une série de solution de concentration en proline connues.

L'étalonnage de l'appareil se fait par mélange de : acide acétique+eau distillé+acide orthophosphorique+ninhydrine et les valeurs obtenues (tableau n°XII) sont rapportées sur la courbe d'étalonnage (Annexe II).

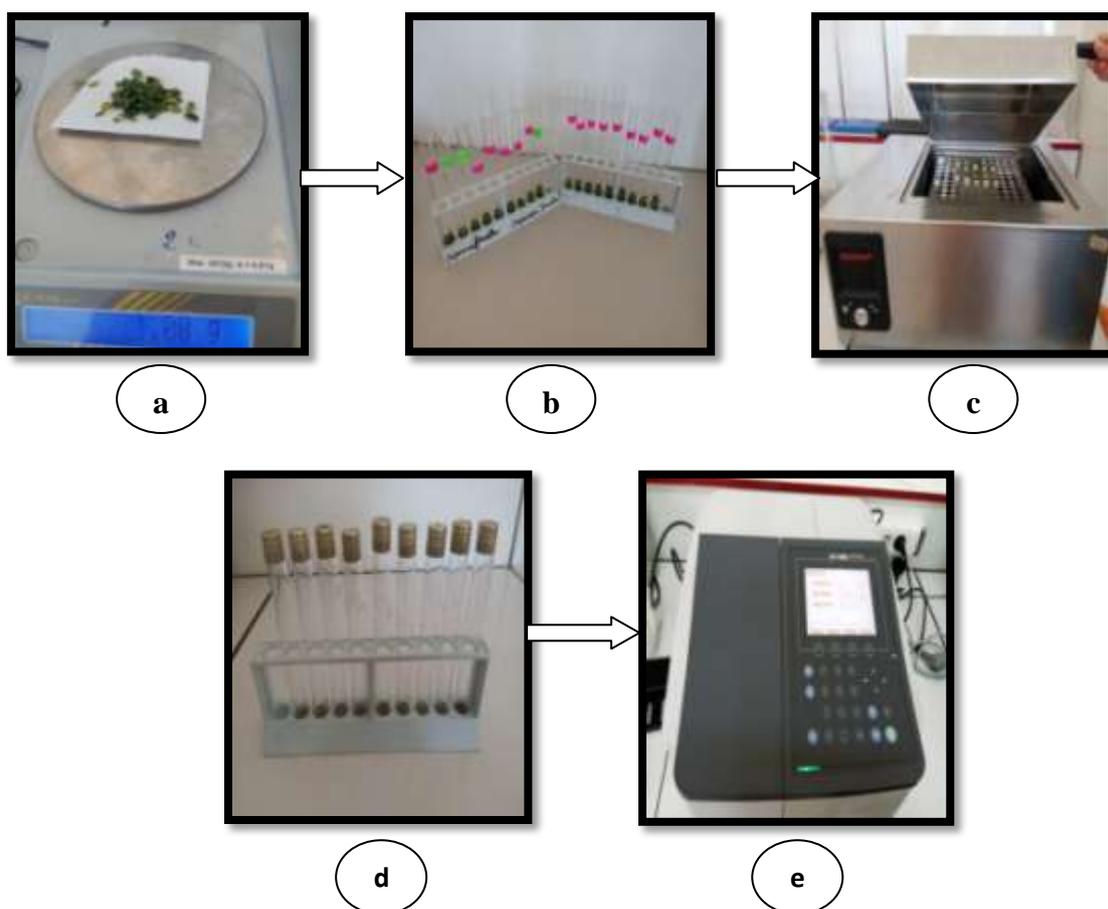


Fig.08 : Les étapes d'extraction et dosage de proline.

III-2-3 Extraction et dosage des sucres solubles :

Pour le dosage des sucres solubles, nous avons utilisé la méthode au phénol de Dubois et al (1956). Selon cette méthode, 100 mg de matière fraîche (**a**) placés dans des tubes à essai, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour l'extraction des sucres (**b**). On laisse à température ambiante pendant 48 heures. les tubes sont placés dans une étuve à 80°C pour faire évaporer l'alcool (**c**). Dans chaque tube on ajoute 20 ml d'eau distillée (**d**). C'est la solution à analyser.

Dans des tubes à essais propres, on introduit 1 ml de la solution à doser auquel on ajoute 1ml de solution de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée. Les tubes sont soigneusement agités. On ajoute alors 5 ml d'acide sulfurique concentré à l'aide d'une burette dont le jet tombe brutalement sur la surface du liquide, la température atteint alors environ 110°C. Après une agitation rapide (agitation vortex) (e) les tubes sont maintenus pendant 45 mn à 5°C. Après un séjour de 30 mn à l'obscurité les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'ondes de 485 nm (f).

Enfin les résultats (tableau n°XIII) des densités optiques sont rapportés sur un courbe étalon des sucres solubles exprimés en glucose (Annexe II).

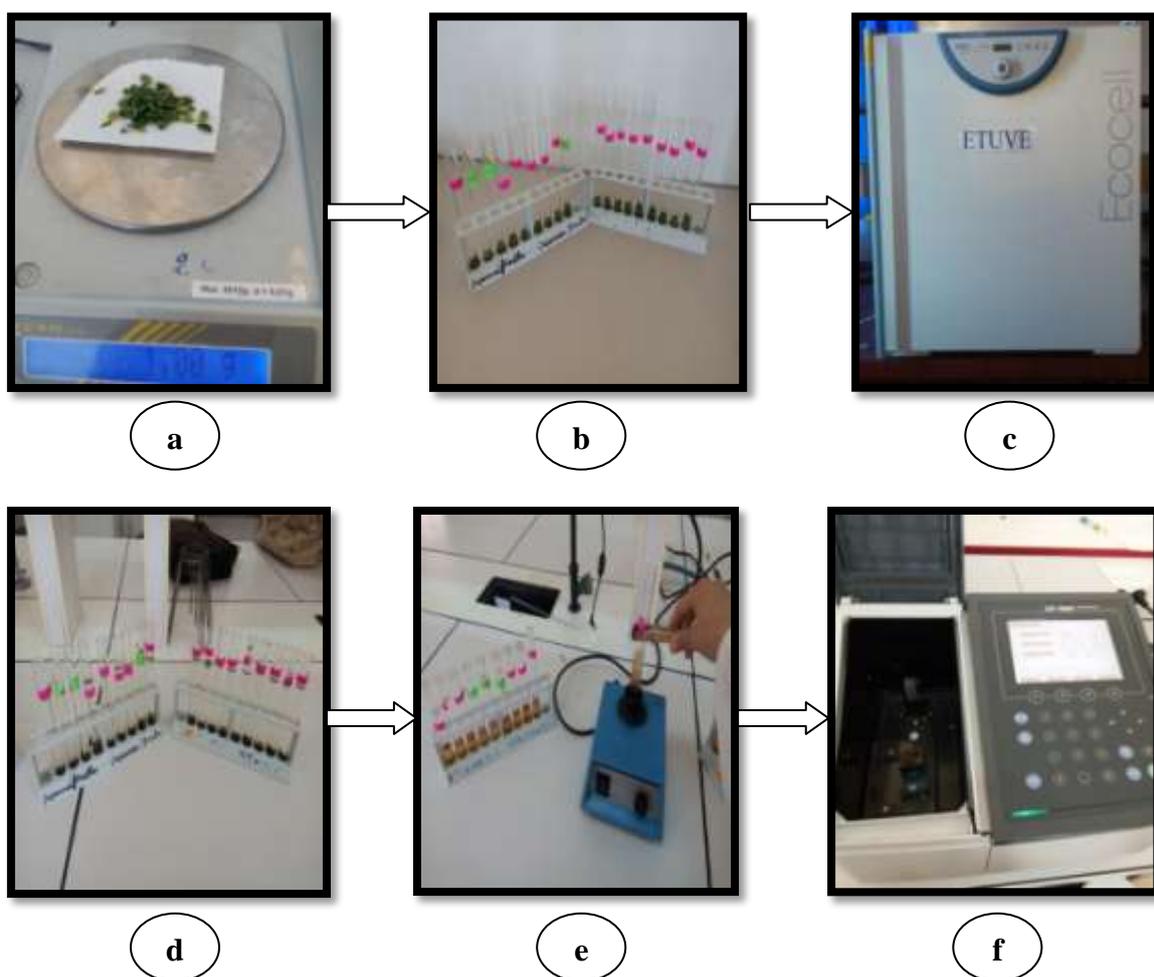


Fig.09 : Les étapes d'extraction et dosage des sucres solubles.

Résultats et discussion

I- Les paramètres morphologiques :

I-1- La moyenne de la surface foliaire :

D'après les résultats obtenues (Tableau I), les moyennes de la surface foliaire les plus élevées sont notées au traitement témoin (100% à la capacité au champ) avec une valeur maximale enregistrée par la variété Ghab 4 de la valeur de (8,17 cm²) et une valeur minimale donnée par la variété Flip 90-13C de la valeur de (6,63 cm²).

Concernant le traitement conduit à 60 % (C1) à la capacité au champ, la valeur maximale de (5,98cm²) marquée par la variété Flip 90-13C, et la valeur minimale de (4,06cm²) enregistrée par la variété Ghab 4.

Au niveau du traitement conduit à 30 % (C2) de la capacité au champ, la valeur maximale de la surface foliaire est affichée par la variété Flip 90-13C de la valeur de (4,57cm²) et la valeur minimale est donnée par la variété Ghab 4 de la valeur de (2,03 cm²) (Annexe II).

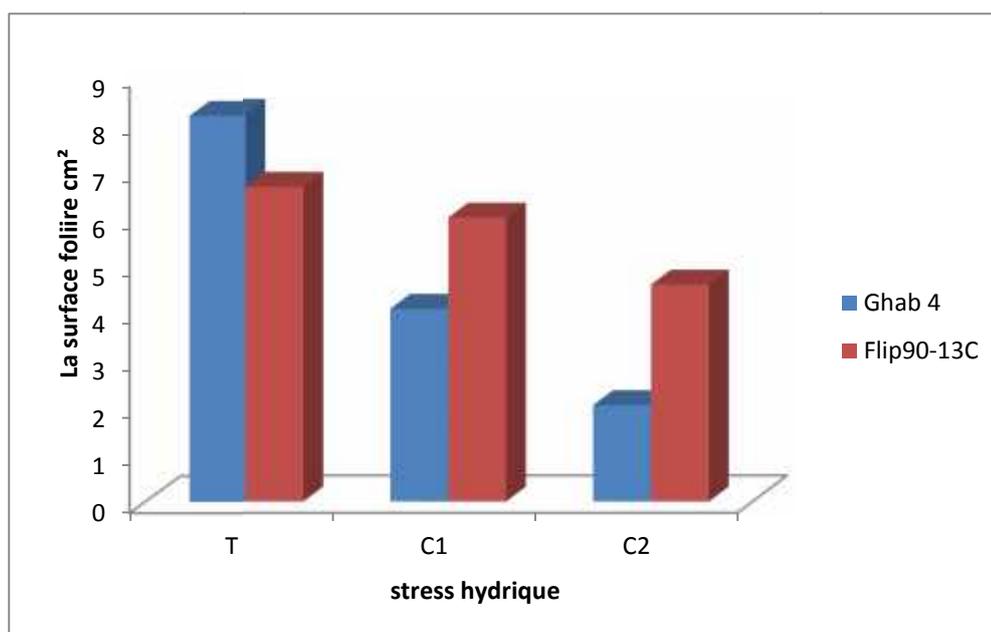


Fig.10 : La surface foliaire des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

A la lumière des résultats obtenus on peut retenir une réduction de la surface foliaire on condition hydrique limitant, ces résultats se rapproche à celle de Tiercelin (1998) à partir de leur étude sur la symbiose Rhizobia-Arachid.

I-2 - Le nombre des entre nœud :

A l'échèle du traitement SDH la valeur maximale est renseignée par la variété de Ghab 4 avec 18 nombre des entre nœud et la valeur minimale est marquée par la variété Flip 90-13C avec 17 entre nœud.

Au traitement ADH1 la valeur maximale est marquée par la variété Flip 90-13C de 16 nombre des entre nœud et la valeur minimale est affichée par la variété Ghab 4 de 13 entre nœud.

Concernant le traitement ADH2 la valeur maximale est donnée par la variété Flip 90-13C de valeur de 14 entre nœud et la valeur minimale est affichée par la variété Ghab 4 de valeur de 11 entre nœud. (Tableau II), (Annexe II).

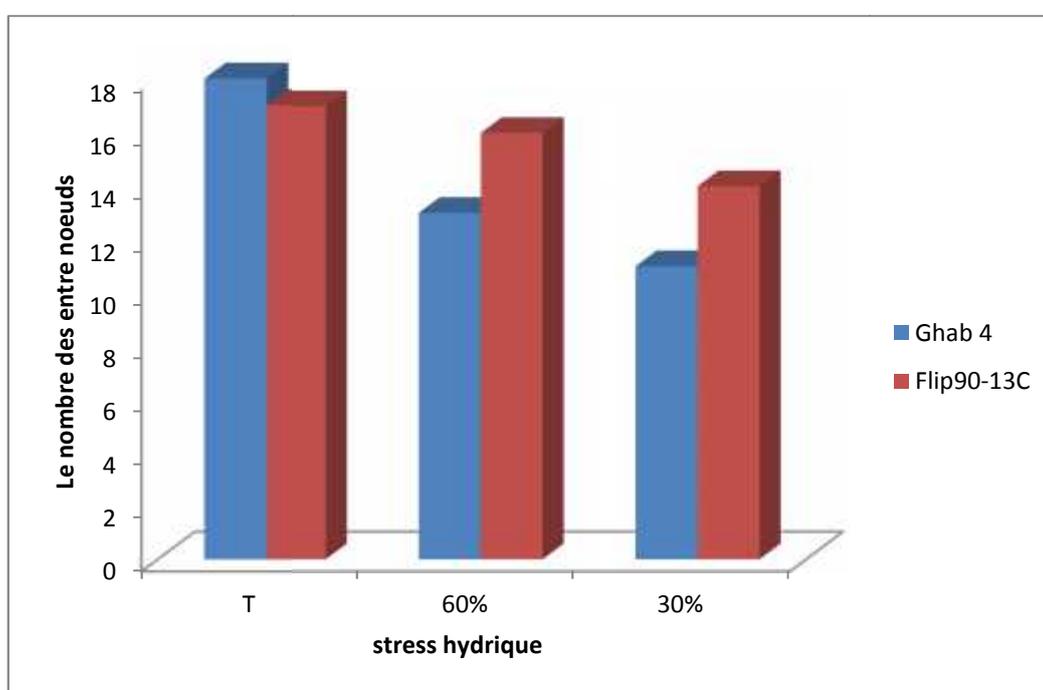


Fig.11 : Le nombre des entre nœuds des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

Les résultats de ce travail indique que le nombre des entre nœuds est à son tour sérieusement affecté par les variations du régime hydrique. L'influence du déficit hydrique s'exprime entre les facteurs exogènes et endogènes, les premiers concernent l'appauvrissement du substrat en ressources hydriques et les seconds se lient à la limitation des facultés d'absorption d'eau par la plante, (Azzouz F ,2009).

I-3 - Le rapport MSR/MSA :

A l'échelle des traitements SDH la valeur maximale est marquée par la variété Ghab 4 avec (0,194 g) de rapport MER/MSA, et la valeur minimale est affichée par la variété Flip 90-13C avec (0,181 g) de rapport MSR/MSA.

Concernant le traitement ADH1 la valeur maximale est donnée par la variété Flip 90-13C avec (0,197g) de rapport MSR/MSA et la valeur minimale affichée par la variété Ghab 4 avec (0,157 g) de rapport MER/MSA.

Concernant le traitement ADH2 la valeur maximale est donnée par la variété Ghab 4 avec (0,188 g) de rapport MSR/MSA et la valeur minimale est affichée par la variété Flip 90-13C avec (0,167 g) de rapport MSR/MSA (Tableau III) (Annexe II).

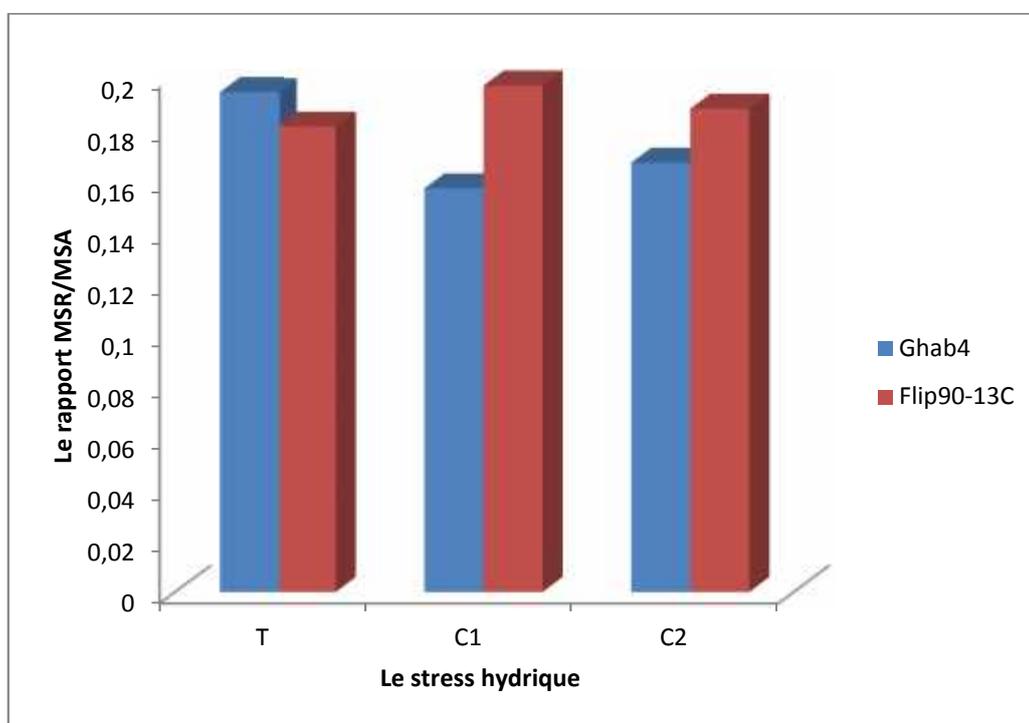


Fig.12 : Le rapport MSR/MSA des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

La contribution de la biomasse aérienne et souterraine s'est traduite par des valeurs élevées du rapport MSR/MSA chez les plantes les plus stressé comme elle a été observée chez diverses espèces végétales (Monroy et *al.*, 1998 ;Thomas et *al.*,2000). Le développement de la partie racinaire aux dépend de la partie aérienne a été signalé par plusieurs auteurs comme un critère de résistance à la sécheresse (Taylor, 1980) permettant une meilleure utilisation de l'eau disponible (Davidson, 1969).

I-4 - La longueur des racines principale :

D'après les résultats obtenues (Tableau IV) les moyennes de la longueur principale des racines les plus élevées sont notées au traitement témoin (100 % à la capacité au champ) avec une longueur maximale enregistrée par la variété Flip 90-13C avec (25cm) et une longueur minimale marquée par la variété Ghab 4 avec (23 cm).

Concernant le traitement conduit à 60% à la capacité au champ, la longueur affichée par la variété Flip 90-13C est similaire à celle qui est enregistrée par la variété Ghab 4 avec (21cm).

Au niveau du traitement conduit à 30% de la capacité au champ, la valeur maximale de la longueur principale des racines est marquée par la variété Flip 90-13C de valeur de (20cm) et la valeur minimale est donnée par la variété Ghab 4 avec (16cm) (Annexe II).

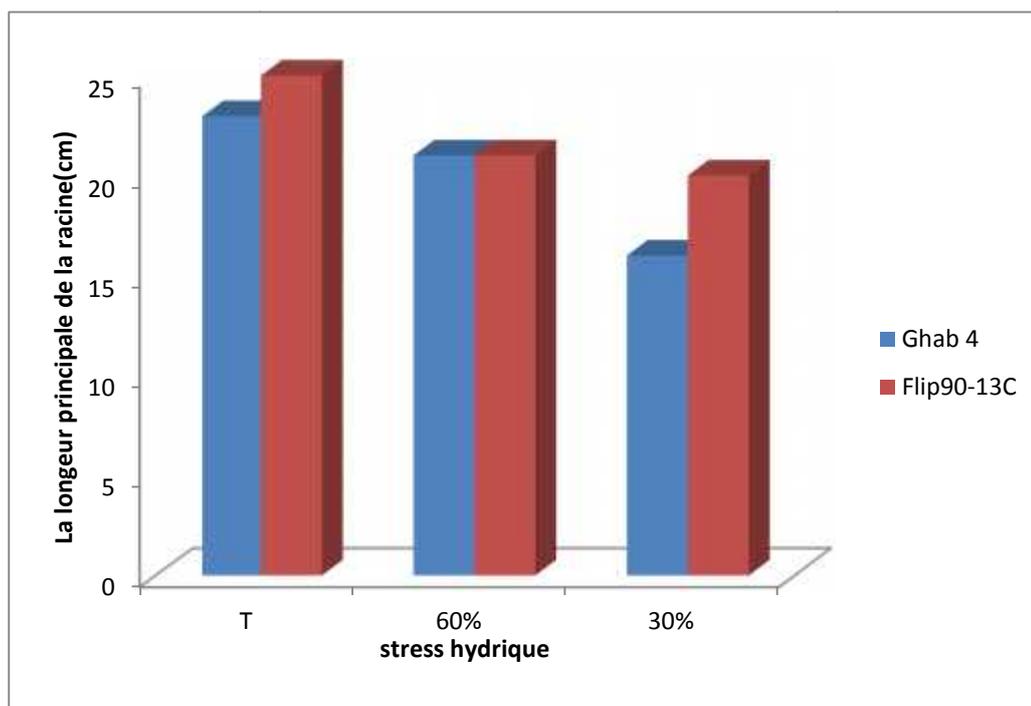


Fig.13: La longueur principale de la racine des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différentes situations hydriques.

D'après (Benlarbi et *al.*, 1990; Khaldoun et *al.*, 1990) confirment que le déficit hydrique a provoqué une élongation de la racine principale, conduisant à une meilleure exploration des horizons profonds et par conséquent, une meilleure absorption de l'eau des couches les plus profondes du sol, est faiblement influencé par le régime hydrique appliqué.

I-5 - Nombre des feuilles par plant :

Les résultats obtenues pour le nombre des feuilles regroupés dans le (Tableau V) permet de réaliser la figure illustrée par des diagrammes montre que la variété Ghab 4 présente la meilleure moyenne (13) concernant le traitement SDH et ADH1 (11) et ADH2 (9) de nombre des feuille par rapport à l'autre variété Flip 90-13C qui présente le minimale moyenne (10) concernant le traitement SDH et ADH1 (8) et ADH2 (5) (Annexe II).

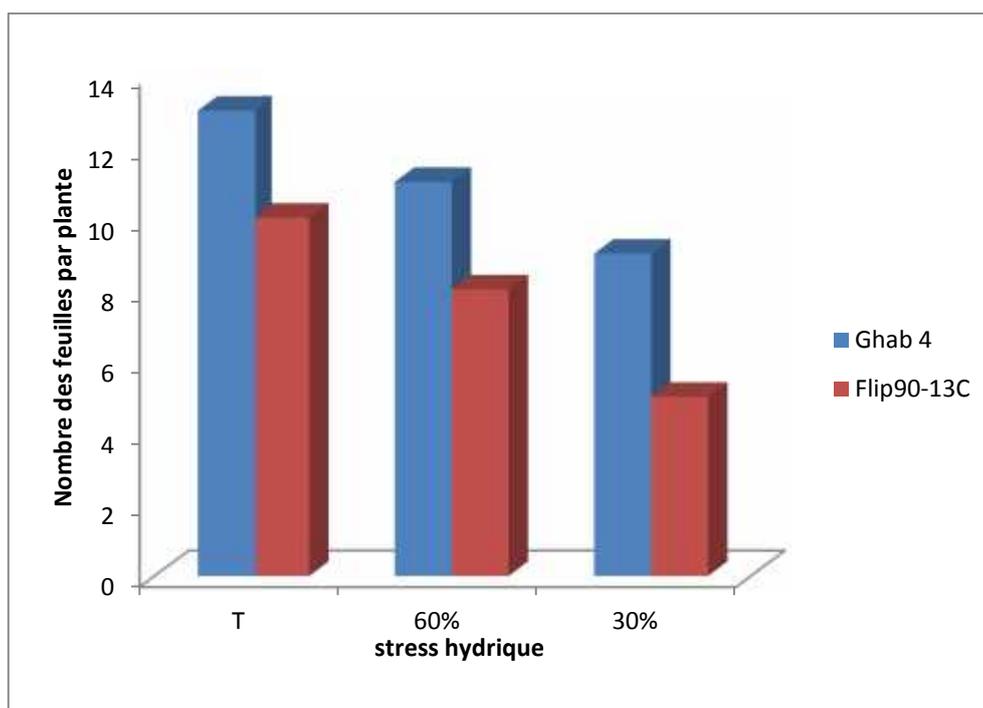


Fig.14 : Nombre des feuilles des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

Lors de notre étude, l'observation des résultats montre qu'il y a une diminution de nombre des feuilles, ces résultats sont en accord avec ceux de (Harouni et *al.*, 1995) qui ont travaillé sur la production des feuilles des plantules d'arganier, transplantées sous des régimes hydriques différents.

I- Les paramètres biochimiques :**II-1 - Chlorophylle a :**

A l'échelle de lot (SDH) les fluctuations de la teneur en chlorophylle a dictent que la densité maximale (5,253) enregistrée par la variété Flip 90-13C et une densité minimale (3,83) donnée par la variété Ghab 4.

Concernant le traitement conduit à 60 % a la capacité au champ de la teneur en chlorophylle a affichée une densité maximale (3,189) marquée par la variété Flip 90-13C et une densité minimale (2,24) enregistrée par la variété Ghab 4.

Au niveau du traitement conduit à 30 % de la capacité au champ de la teneur en chlorophylle a maximale affichée par la variété Flip 90-13C d'une densité (2,135) et une densité minimale est donnée par la variété Ghab 4 d'une densité (1,191) (Tableau VI) (Annexe II).

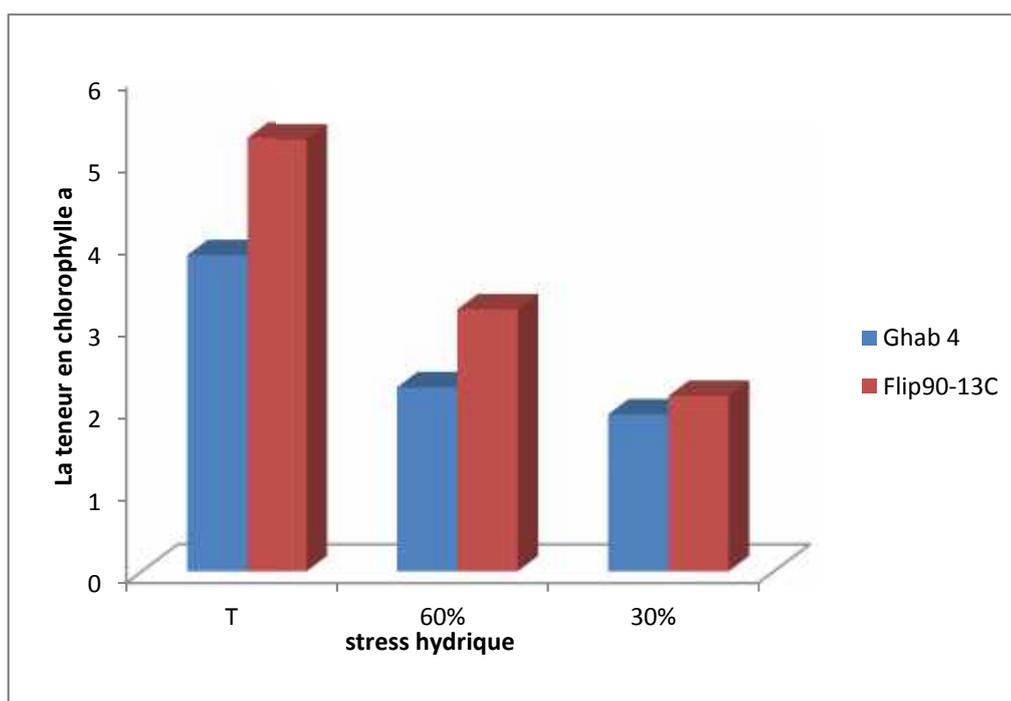


Fig.15 : La teneur en chlorophylle a des plantes de (*Cicer arieienum* L.) sous différents situations hydriques.

II-2 - Chlorophylle b

A l'échelle de lot (SDH) les fluctuations de la teneur en chlorophylle a dictent que la densité maximale (9,87) enregistrée par la variété Flip 90-13C et une densité minimale (7,334) donnée par la variété Ghab 4.

Concernant le traitement conduit à 60 % a la capacité au champ de la teneur en chlorophylle a affichée une densité maximale (7,493) marquée par la variété Flip 90-13C et une densité minimale (4,109) enregistrée par la variété Ghab 4.

Au niveau du traitement conduit à 30 % de la capacité au champ de la teneur en chlorophylle a maximale affichée par la variété Flip 90-13C d'une densité (4,103) et une densité minimale est donnée par la variété Ghab 4 d'une densité (3,338) (Tableau VII) (Annexe II).

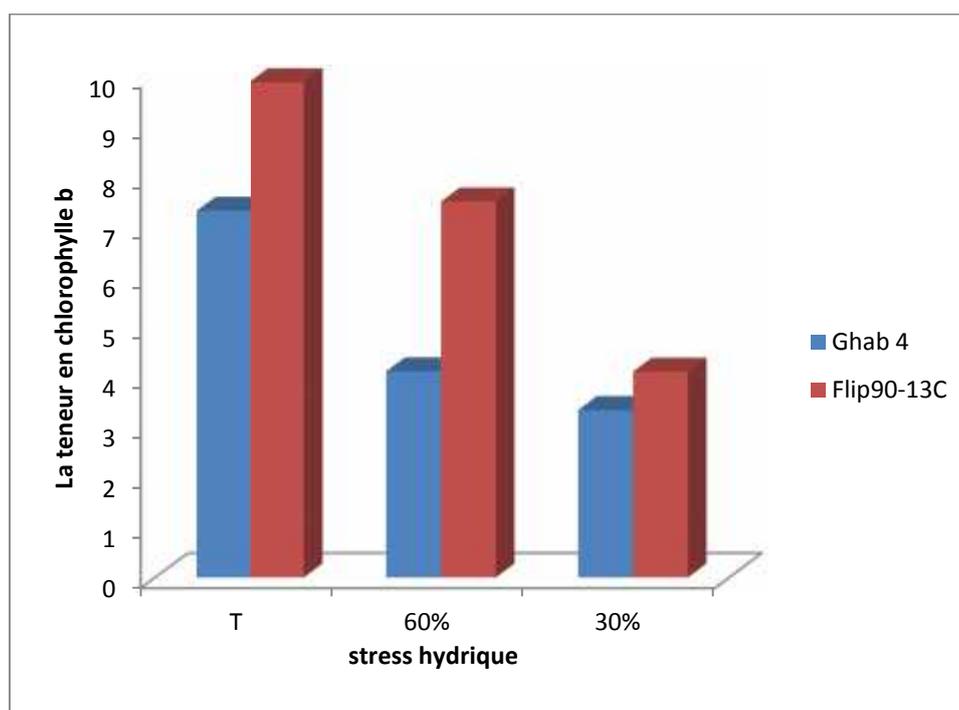


Fig.16 : La teneur en chlorophylle b des plantes (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

- **Chlorophylle a et b :**

Selon (Heller, 1998) le déficit hydrique limite l'activité photosynthétique à travers un abaissement des teneurs en pigment chlorophyllienne, 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).

II.3 - Dosage des sucres solubles :

D'après les résultats obtenues (Tableau VIII) les moyennes des densités optiques des sucres solubles les plus élevés sont notée au traitement témoin (100 % capacité au champ) avec une valeur maximale enregistrée par la variété Ghab 4 avec (0,806) et une valeur minimale donnée par la variété Flip 90- 13C avec (0,623).

Concernant le traitement conduit à 60 % à la capacité au champ. La densité maximale de (0,820) marquée par la variété Ghab 4, et la densité de(0,654) enregistrée par la variété Flip 90-13C.

Au niveau du traitement conduit à 30 % de la capacité au champ, la densité maximale du dosage de sucre soluble est affichée par la variété Flip 90-13C avec (0,823) et la densité minimale est donnée par la variété Ghab 4 avec(0,885) (Annexe II).

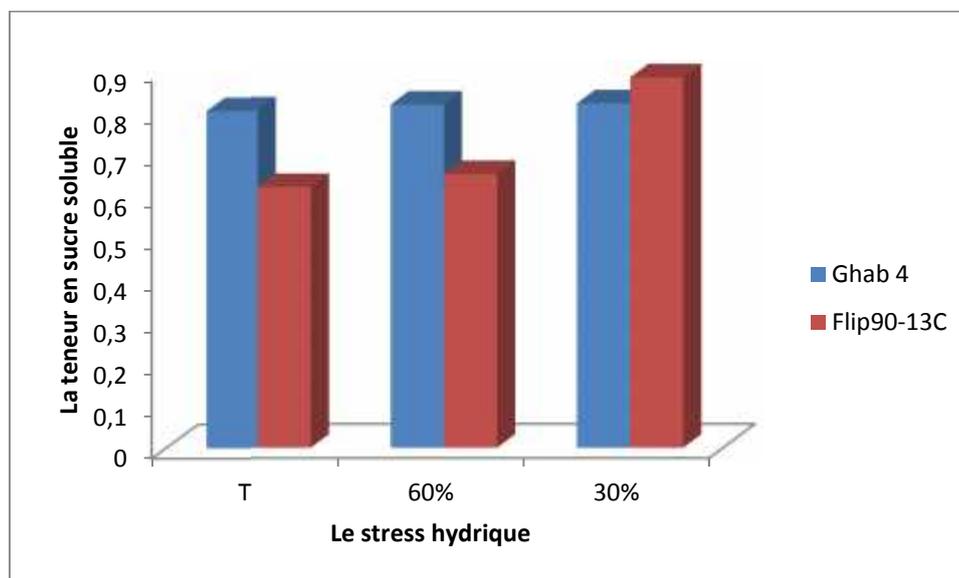


Fig.17 : La teneur en sucre soluble des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

Lors de notre expérimentation nous avons noté qu'il y a une augmentation progressive de la teneur en sucre soluble avec l'accumulation de la sévérité du stress hydrique (Nouri, 2002), l'accumulation des sucres soluble est un moyenne adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contrainte du milieu (Laretti et *al.*, 2001). Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress (Zerrad et *al.*, 2006).

Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique chez le blé. Les plantes stressées ont réagi par l'augmentation des quantités de sucres solubles au niveau de leurs cellules (Hireche, 2006). Cette augmentation est en réalité une confirmation des résultats des chercheurs qui ont affirmé que le déficit hydrique a causé une accumulation importante des sucres solubles au niveau des feuilles (Zerrad et *al.*, 2006).

II.4 - Dosage de proline :

D'après les résultats obtenues (Tableau IX) les moyennes des densités optiques des prolines les plus élevées sont notées au traitement témoin (100 % capacité au champ) avec une valeur maximale enregistrée par la variété Ghab 4 avec (0,280) et une valeur minimal donnée par la variété Flip90-13C avec (0,244).

Concernant le traitement conduit à 60 % à la capacité au champ. La densité maximale de (0,374) marquée par la variété Flip90-13C, et la densité minimale de (0,296) enregistrée par la variété Ghab 4.

Au niveau du traitement conduit à 30 % de la capacité au champ, la densité maximale du dosage de proline est affichée par la variété Ghab 4 avec (0,507) et la densité minimale est donnée par la variété Flip90-13 C avec(0,440) (Annexe II).

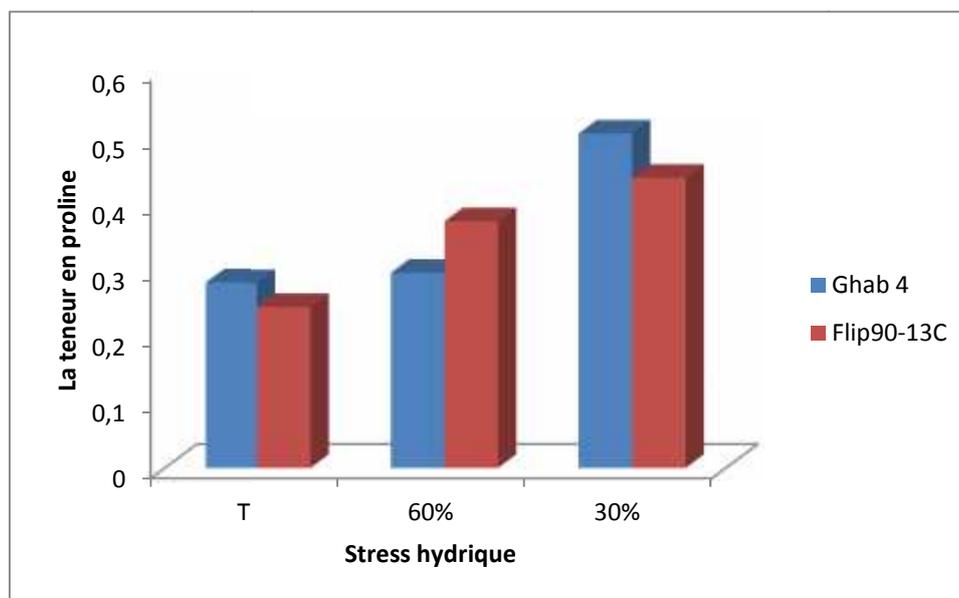


Fig.18 : La teneur en proline des plantes de (*Cicer arietinum* L.) sous différents situations hydriques.

Ces résultats ont révélé que le stress hydrique appliqué augmente considérablement la teneur en proline. Ces résultats se confirment par plusieurs chercheurs sur différents types de plantes, tel que le blé dur et tendre (El jaafari, 1993 ; Nouri, 2002), le thé (Chakraborty et *al.*, 2002) et la fève (Bousaba, 2001). Expliquant ainsi que l'une des causes d'accumulation serait une protéolyse membranaire. Plus le niveau de stress appliqué augmente plus les teneurs en proline deviennent plus marquées (Savouré et *al.*, 1995).

Conclusion

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les deux variétés de pois chiche testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre les variétés témoins et leurs stressés dans l'expérimentation.

Lors d'essai conduit sous serre, nous avons étudié la réponse de ces deux variétés de pois chiche au stress hydrique pour mesurer quelques paramètres morphologiques et biochimiques. On a pu observer une diminution du nombre de feuille et la surface foliaire, et diminution du taux de chlorophylle a, b chez les deux variétés Ghab 4 et Flip 90-13C. Accumulation de la proline, et des sucres solubles chez les deux variétés.

La corrélation entre la partie souterraine et aérienne est affectée par le stress hydrique, la réduction de la surface foliaire chez les deux plantes testées, quand le stress hydrique est très important, est un mécanisme de réduction des besoins en eau. et provoqué la réduction de taux de chlorophylle totale, inversement il provoque une augmentation de la proline et de sucre soluble chez les deux variétés.

La réponse biochimique, évaluée à travers le processus d'accumulation de proline et des sucres solubles des deux variétés sous stress hydrique, a mis en évidence le caractère de ces deux variétés qui expriment leur capacité à synthétiser et accumuler de la proline et des sucres solubles. L'accumulation de celle-ci au niveau des feuilles est un phénomène lié aux régimes hydrique et aux variétés. Les deux variétés étudiées ont utilisé la même stratégie de tolérance vis-à-vis du stress hydrique. Les résultats d'accumulation des sucres solubles et la proline, permettent de conclure que le stress hydrique modifie la composition biochimique des organes.

Au terme de cette étude, nous fixons les perspectives suivantes:

- utiliser plusieurs variétés.
- Développement des gènes pour la résistance au stress biotique et abiotique.
- Amélioration de la serre et épargne les conditions favorables pour la culture.

Références Bibliographique

Liste des références

-A-

Acevado E., (1991). Improvement of winter cereals in Mediterranean environments. Use of yield, morphological and physiological traits. In Physiology-breeding of winter .Cereals for stressed Mediterranean environments (Acevado E., CONESA A.P., MONNEVEUX P., SRIVASTAVA J.P eds.).Les colloques INRA, VOL.55, pp 211-224.

Acevedo E., (1991). Improvement of winter cereals in Meditetrranean envirenments. Use of yield, morphological and phusiological trais. In physiology-breeding of winter . Cereals for stressed Mediterranean environments

Adda A., (2006). Etude des mécanismes d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Defs). Thèse de doctorat, p.179.

Adda A., Sahnoune M., Kaid-Harche M., Merah O., (2005). Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. C.R. Biologies III. Plath.Vol.328, pp 918-927.

Aidau A., (1994). Etude du déficit hydrique séquentiel sur les rendements, application au cas du sorgho-grain.*Sorghum tricol* (1) moench. These de doctorat en science de l'eau. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et Forts ; Montpellier, France.

Al hakimi A., Monneveux P. and Galiba G., (1995). Soluble suggars, proline and relative water content as traits for improving drought toleronce and divergent selevtion for RWC. *Polonicum into T. Genet. Breet.* 49 : 237-244.

Alves A.C and Setter T.L.,(2004). Absciscic acid accumulation and osmotic adjustment in cassava under water deficit. *Environ.Exp.Bot.*51 : 259-271.

Anonyme, (1999). Projet Améliorations de la culture des légumineuses alimentaire. Le Pois Chiche. Fiche technique IAV Hassen II. 02, 07, 09, 15, 23-24pp.

Araus J L ., Febrero A.,(1993). Leaf posture , grain yeild ,leaf structure and carbon isotop discrimination in wheat. *Crop.Sci.*33. 1273 -1279.

arietinum L.) CEROM:17 pages.

Azzouz F., (2009). les réponses morpho physiologiques et biochimiques chez le pois chiche (*Cicer arietinum*.L) soumis à un stress hydrique thèse magister écophysiologie végétal université d'Oran es senia.

-B-

- Bellinger Y., Bensaoud A., et Larher P.,** (1989). Physiological accumulation : a trait of use to breeding for stress tolerance. In **Acavedo, Conesa, Monneveux et Srivastava** (Eds) : Physiology breeding of winter creats for stressed mediterranean environments. Cooloque n°55,. Juley 3-6, 1989 , Montpellier, France,pp 449-458.
- Benbelkacem A.,** (1982). Situation et Evolution des légumes secs céréalicultures. N° 14. 7- 9p.
- Benlarabi M. et Monneveux P.,** (1988). Etude camparée du comportement en situation de déficit hydrique de deux variétés algérienne de blé dur (*triticum durm desf.*) adaptées à la sécheresse. C.R Acad. Agric. France., 74(5), pp 73-83.
- Benlaribi M.,** (1990). Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*triticum durum desf*) .Thèse doctorat. Université de Constantine, Algerie, 190p.
- Benlaribi M.,** (1990). Adaptation au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) étude des caractères morphologique et physiologique, Thèse doctorat d'état. Université de Constantine, 164p.
- Bennett JM., Boote KJ., Hammond LC.,** (1984). Relationsaip among water potential components, relative water content, and stomatal resistance of field grown peanut leaves. Edit. Peanut Sci Vol. 11, pp 31-35.
- Bethenod T.,** (1980) L'eau et les hormones .Edit INRA, Paris,pp. 150-152.
- Blum A.,** (1988). Drowght resistance. In CRC Press Edit. Plant breeding for stress environment, 223p.
- Blum A.,** (1989). Osmotic ajustement and growth of barley genotypes under drowght stress. Crop Sci. Vol. 29, pp 230-233.
- Blum A.,** (1996). Crop repanses to drought and the interpretation of adaptation. Edit. Plant Growth Regul. Vol.20, pp0135-148.
- Blum A.,** (1996). Crop responses to drougt and the interpretation of adaptation. Edit. Plant Growth regul . Vol 20, pp 135 – 148.
- Blum A., Shpiller L., Mayer J., Sinmena B.,** (1991.) Selection of grain filing without transcient photosynthesis.Euphytica ; 54 ; 11-6.
- Bousba R.,** (2001) .Effet d'une contrainte abiotique (stress hydrique) sur la plante et les composants de la graine de Vicia faba L. Thèse de magister : Les bases biologiques de la production végétale,43-44 .

Bousba R., Ykhlef N. & Djekoun A. (2009). Water use efficiency and flag leaf photosynthetic in response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf.*). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.

Boyer J.S., (1996). Advances in drought tolerance in plants. Edit. Adv Agron. Vol.56, pp 187-211.

Broughton WJ et Dilworth MJ (1971). Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. *Biochemistry Journal* 125, 1075-1080.

-C-

Chernyad'ev I. I., (2005). Effect of water stress on the photosynthetic apparatus of plants and the protective Role of Cytokinins. A Review. Bach institute of biochemistry, Russian academy of Sciences, Mosco, 119071 Russia Applied Biochemistry and microbiology, Vol.41, No.2, 2005, pp 115-128.

Clavel D., Drame N., Diop., Zuily-Fodil Y., (2005). Adaptation à la sécheresse et création variétal : le cas de l'arachide en zone Sahélienne. Première partie : revue bibliologique. Edit. OCL. Vol. 12 n°3, pp 248-260.

-D-

Davidson RL., (1969). Effet of soil nutrients and moisture on root/shoot ration in *Lolium perenne*, and *Trifolium repens* L *Ann Bot.* 337- 571.

Dorfling K., et Askaman A., (1989). Relationship between frost tolerance and formation of proline, abscisic acid and specific proteins in cold hardened winter abscisic acid and specific proteins in cold hardened winter wheat (*triticum aestivum*) varieties. XII Eucarpia wheat (*triticum aestivum*) varieties. XII Eucarpia congress.

-E-

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.

-F-

F.A.O., (2006). Programme de coopération technique .Programme de développement des productions fourragères et de l'élevage. Rapport de synthèse ,45p.

Flores H.E et Galston.,(1984). Osmotic stress-induced polyamine accumulation in cereal leaves. Relation to amino acid pools .*Plant physiol* .75, 110-113.

Fukai S., Cooper M., (1995). development of drought-resistant cultivars using physiological traits in rice, Edit. *field crops Res.* Vol.40, pp 67-86.

Fukai S., Pantuwan G., Jongdee B., Cooper M., (1999). Screening for drought resistance in raised lowland rice. Edit . Field Corps Res.Vol.64, pp 61-74.

-G-

Galiba G., Zoltan N., Simon 6 Sarkadi L., Jozsef S et Laszlo E., (1995). Differential adaptation to non-ionic osmotic condition in wheat ,INRA , Inter Drought, 4-1.

Gallardo M., Turner N.C. Ludwing C., (1994). Water relation, gaz exchange and abscissic acid content of *Lupinus cosentinii* leaves in response to drying different p Galaud J.P., pp 50-63.

Gate P (1995). Ecophysiologie du blé de la plante à la culture. Ed tech et doc. Lavoisies, Paris,France,p 233-226.

Gate P.,(1995). Ecophysiologie du blé, Edit. Lavoisier, Paris ; Techniques et Documentations, 423p.

Gnansiri s.p., Shoitsu O.,(1992). Osmotic adjustment and stomatal Repances to water deficit in Maize . Journal of Experimental Botany .Vol .43 pp 1451-1456.

Good A.G et Zaplachinski S.T., (1994). The effects of drought strss on free amino acid accumulation and protien synthesis in *Brassica napus* . *Physiol.Plant* .90.pp 9-14.

Govil J.M., Murty B.R. et Rana B.S., (1986). Varietal resistance of chickpea to wilt inIndia. Africa and Middle-East Countries. *Genetica Agraria*. 40: 291-300 p.I

-H-

Hare P,D., Cress W.A and Van staden J.,(1998). Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress.*Plant Cell Environ.*21.535-553.

Harrouni M. C., Zahri S. et El hamaid A. (1995). Transplantation des jeunes plantules d'arganier : effet combiné de techniques culturales et du stress hydrique. Actes ducolloque intrnational la forêt face à la désertification « casdes arganeraies ». Faculté des sciences, Agadir, 115 – 33.

Heller R., Esnault R., et Lance C., (1998). *Physiologie végétale 1- Nutrition*, Edit édition .Edit. Dunod.323p.

Heller.,Esnault.,et Lance.,(1998). *Physiologie végétale 1-Nutrution* Edit édition.Edit.Dunod.323 P.

Hikosaka K., Ishikawa K ., Borjigidai A ., Muller O. & Onoda Y. (2006). Temperatureacclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperaturedependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* **57** : 291-302 p.

Hiller R., Esnault R. et Lance C.,(1998). Physiologie végétale, Tome Nutrition.Ed.DUNOD, France,p.323.

Hireche., (2006). Réponse de la luzerne *Medicago sativa* (L) au stress hydrique et à la

Hisou , D.,(1994). Sélection in vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Faculté des sciences, université catholique de lauvain.

Holwach LP.,(1982). Dissertation abstracts international (42)cornell uni. Uthaca, NV, USA.

Hsiao T.C., Acevedo E.,(1974). Plant responses to water deficits, water use. Efficiency and drought resistance.Edit. Agric. Meteorol. Vol. 14, pp 59-84.

Hsiao T.C., Acevedo E.,(1974). Plant responses to water deficits, water use. Efficiency and drought resistance. Edit. Agric. Meteorol. Vol. 14, pp 59-84.

-J-

Jaiswal, R.et Singh, N.P. (2001). Plant Regeneration from NaCl Tolerant Callus/Cell lines of

Jones M.M., Osmond B., Turner N.C., (1980).Accumulation of solutes in leaver of sorghyb and sunflower in reponse to water deficits. Edit. Aus. J. Plant Physiol. Vol. 7, pp 193 -205.

-K-

Kamel A., Losel D., (1995). Contribution of carbohydrates and other solutes to osmotic adjustment in wheat leaves under water stress.j.plant physiol. Vol. 145, pp 363-366.

Khaldoun A., CheryJ., Monneveux P., (1990). Etude des caractères d'enracinement et de leur role dans l'adaptation au déficit hydrique chez l'orge (*Hordeum vulgare* L). Edit. Agro, vol.10, pp 369-379.

Khalfaoui JLB., (1985). Conduite de l'amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse en fonction des mécanismes phusiologiques Oléagoneaux ; Vol. 40,pp 329-334.

Khanna-Chopra, R. et Sinha S.K. (1987). Chickpea: Physiological aspects of growth and

Kinrey J.R.,(1993)Nonstructural carbohydrate utilisation by wheat shaded during grain growth. Agron. J. 85 : 844-849.

Korichii M.f.,(1994) Cotribution à l'etude de la capacité à l'ajustement osmotique de trois cultivars de blé dur en répanse à défférentes intensités de déficit hydrique. INRA. pp 1-17.

Koychi S.O., (2004). Détection du stress hydrique par thermographie infrarouge. Application à la culture de la pomme terre. Université Laval, Canada, Faculté de foresterie et géomatique, maîtrise en science géomatiques ;p.130.

Kromer S.,(1995.)Respiration during photosynthesis. annu. rev. Plant physiol. Plant mol. Biol. 46,45-70.

Kusaka M., Ohta M. and Fujimura T.(2005). Contribution of organic components to osmotic adjustment and leaf folding for drought tolerance in pearl millet. *Physiol. Planta.* 125 :p.474-489.

-L-

Ladizinsky G., (1987). Pulse domestication before cultivation .*E com .Bot.***41**, 60-65.

Leport L., turner N., Davies L., et Siddique M., (2006). Variation in pod.

Levitt J., (1985). Relationship of dehydration rate to drought avoidance, dehydration tolerance and dehydration avoidance of cabbage leaves, and to their acclimation during drought –induced water stress. *Plant cell Environ .*8.287-96.

Lewicki S.D.,(1993). Evaluation des parametres lies à l'état hydrique chez le blé dur et l'orge , soumis à un déficit hydrique modéré , en vue d'une application à la sélection de génotype tolérants. Thèse de doctorat ENSA – Montpellier (France) , 87pp.

Loretti E., De Bellis L., Alpi A. & Perata P. (2001). Why and how do plant cells sensesugars, *Ann Bot* **88** : 803 - 812 p.

Lorimer H., (1981).the carboxylation and oxygenation of ribulose 1,5-bisphosphate.The primary events in photosynthesis and photorespiration.annu. Rev. Plant physiol. 32 : 349-383.

Ludlow M., and Muchow., (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yields in water – limited environnements. Edit. Adv.Agron. Vol. 43, pp 107-153.

-M-

Matre P.,(1999). Architecture Hydraulique d'une talle de f »tuque Elevée (festuca arundinacea Schreb.) Implication pour les relation entre la transpiration et l'Eexapnsion foliaire.Thèse doctprat. UNIVERSITE DE POITIERS. Faculté des sciences Fondamentales et Appliquées, p. 131.

Matthexs M.A and Boyer, J.S. (1994). Acclimation of photosynthesis to low water potentials.plant physiology 74 : 161-166.

Merah O., (1999). Utilisation de la discrimination isotopique du carbone pour l'amélioration de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur dans les régions méditerranéennes. Thèse de doctorat.

Miller AH, Hoefnagel MHN, day DA, Wiskich JT,(1996) Specificity of the organic acid activation of alternative oxidase in plant mitochondria. *Plant physiol* 111 : 613-618.

Monroy –Ata A., Floret CH., Pontanier R., Rambal S., (1998). Rapport entre la biomasse racinaire et aérienne de plantes pérennes de la zone aride pendant la période d'installation. In : Edit. Time Scales and water stress pp 247-253.

Morgan JM., (1984). Osmoregulation and water in higher plants. Wheat conference 2-9 May, Rabat, Morocco. *Annu Rev Plant Physiol* Vol. 35, 0299-319.

Muehlbauer F. J. and Rajesh P. N., (2008). Chickpea, a common source of protein and starch in the semi-arid tropics. PH. Moore, R Ming (eds.) *Genomics of tropical crop plants*.

-N-

Noirdaud n., Delrot S and Lemoine R., (2000). The sucrose transporter of celery. Identification and expression during salt stress. *Plant physiol.*, Vol.122, pp 1447-1456. Notes pour la recherche d'intérêt public en production de grains N°06,05 ; Rapport final du

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 végétale Univ *Mentouri*. Constantine. 77p.

Nourri L., (2002). Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en condition de déficit hydrique. Thèse de magister en biologie végétale, 4-16.

-O-

Obation M., (1995). Differential sensitivity of the physiological mechanisms to hydric deficit for soybean. INRA, *Inter drought*, 17.

-P-

Paquin R., Pelleter R.,(1978) – Effet des basses températures sur la résistance au gel de luzerne (*Medicago media Pers*) et son contenu en proline libre. *Physiol. Veg.* **15**(4) 657 – 665.

Passioura JB., (1996). Drought and drought tolerance. Edit . plant growth regul. Vol .20,pp79-83.

Passioura JB., (1988). The role of system characteristics in the drought resistance of crop plants. In Intenational rice researtch institue. Drought resistance in corps, with emphasis on Rice Vol. 37, pp 449-57.

Patakas A., Noitsaki B.,(1999). Mechanisme involved in diurnal changes of osmotic potential in grapevines under drought conditions . Journal of plat physiology. **Vol.157**, pp 767-774.

Paterson A.H., Bowers J.E., Burow M.D., Draye X., Elsik C.G.,(2000). Cathrine S.K., Lan T.H., Lin Y.R., Ming R. et Wrught R.J., Comparative genomiecs of plant

Pfeiffer WH., (1993). Drought tolerance in bread wheat .Analysis of yield improvement over years in Cimmy germplasm.in : Klatt, ed.proceeding of the international cinference on wheat production cinstraints in tropical environments .Mexico (centre intenational pour l'amelioration du mais et blé dur).

Poitier, G.A. (1981). Flore de Tunisie;(2tomes) , 190 pages.

Priault P., (2006). Interactions mithochondries / hloroplastes au cours de la photosynthese et de la répanse au stress chez nicotiana sylvestris. These de doct.en sci., uni.Paris-sud, Orsay, 174p.

Priaut P., (2006). Interactions mithochondries /chloroplastes au cours de la photosynthèse et de la répanse au stress chez Nicotiana sylvestris.Thèse de Doct. En Sci., Univ. Paris-Orsay, 174 p.

Priut P,Vidalb G, De Paeper R, and Ribas-carboc M,(2007). Leaf aget-related chhanges in respiretiry pathways are dependent on complex I activity in Nicotiana sylvestris.Physiologia 129 : 152-162.production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought; Europ .J.Agronomyprojet de recherche numéro 18 : Développement et évaluation de lignées de pois chiche (Cicer Reportions of the root sustem. J. Exp. Bot. Vol.45, pp 909-918.

profondeur du semis. Thèse de Magister.Univ. *EL Hadj Lakhdar*. Batna :83 p.

-R-

Riou C., (1993). L'eau et la production végétale. Sécheresse.2.75-83.

Rochards R., Rebtzke G., Van herwaardlen A., Dugganb B.,(1997) Improving yield in rainfed environments through physiological plantbeeding. Edit. Revue Dryland Agriculture ; Vol. 36, pp 254-266.

Rodrigueze M., Chaves M., Wenlder R., David M., Stitt M., Pereira J.S., (1993). Osmotic adjustment in water stressed grapevine leaves in relation to carbon assimilation .Australian .Journal of plant physiology., Vol.20, pp 309-321.

-S-

Sahnoun M., Adda., Soulem S., Kaid harch and Merah O., (2004). Early water deficit effect on seminal riit barley . C.R.Biologies III. Agron. 327 : 389-398.

Sahnoun M.,(2005). Eetude des paramètre morpho physiologoques de résistance à la la secheresse chez l'orge (*Hordeum vulgare* L.) Thèse de doctorat. INTRA El Harrach, 135p.

Santharius K., (1967). Hill reaction and photophosphorylation of solated chloroplast in relation to water content. *Planta* 73 .228-242.

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 1pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .372: 13-19 p.

Saxena., (1987). Agronomy of chickpea. In: Saxena N., Johansen P. C. and Singh K. B., eds. The chickpea. Wallingford UK: CAB International, 207-232. 24:236-246.

Seeman J.R., Sharkey T.D., Wang J.and Osmond C.B., (1987). Environmental effects on photosynthesis, nitroden use efficiency and metabolites pools in leaves of sun and shade plants.*Plant physiol.*84 :796-802.Semi –Arid Tropics; patancheru 502324, Andhra Pradesh ; 73pages.

Sharp R.E. and Boyer J.S., (1986). Photosynthesis at low water potentials in sunflower : lack of photoinhibitory effects. *Plant physiol* 82 :p.90-95.

Slama, F. (1998) Cultures industrielles et légumineuses à graines. (Ed Centre de diffusion

Subbarao GV.Johnson C., Nageswara rao RC.,Saxena NP.,Chauhan YS.,(1995). Strategies for improving grought resistance in grain legume.Edit. Crit rev plant Sci.Vol, 14, pp 469 – 523.

Subbrarao GV. Johansen C., Sunkard AE., Nageswara Rao RC., Saxena NP., Chauhan YS., (1995). Stratregies of improving drough resistance in grain legume. Edit. Crit Rev Pant Sci. Vol, 14, pp 469- 523.

-T-

Tacques Lanore, (1985). Table de composition des aliments, Institut scientifique d'hygiène alimentaire.

Taiz L. and Zeiger E., (2002). Plant physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427 p.

Taiz L. and Zeiger E., (2002). Plante ohysiology.3rd ed.Sinauer Associates Publishers, Sunderland,427p.

Tardieu F., Lafarge T., (1996). Stomatal control by endrogenous xylem ABA in sunflower: interpretation of correlation between leat water potential and stomatal conductance in anisohydric species .Plant, Cell and Environment 19, pp 75-84.

Tardieu F., Lafarge T., (1996). Stomatal control by fed endogenous xylem ABA in sunflower: interpretation of correlation between leat water potential and stomatal conductance in anisohydric species .Plant, Cell and environment 19, pp 75-84.

Tari I., Cseus L. ,(2000). Accumulation of osmoprotectans in wheat cultivars of different drought tilerance. Cereal RES.**28**.403-10.

Taylor A., De-felice J., Havill D.C., (1982). Nitrogen metabolism in *Posrerium sanguisorba* during water stress. Ibid, Vol.90, pp 19-25.

Terashima I., Wong S.C., Osmond C.B and Farquhar G.D.,(1988). Characterisation of non-uniform photosynthesis induced by abscic acid in leaves having different mesophyll anatomies.Plant Cell Physiol 29 : p.385-394.

Thomas R., Muchow C., (2001). System analysis of plant traits to increase yield on limited water supplies. Edit. Agron .J. Vol.93.pp263-270.

Thompson J.F., (1980). Arginine synthetis, proline synthetis, and related processes. In the biochemistry of plants(MIFLIN B.J eds) academic press new york 5 :pp.375-403.

Tiercelin J. R., (1998). Traité d'irrigation. Ed. Tec et Doc, Paris, 1011 p.

Toulait, H, (1988). Lagriculture Algérienne – Les causes de l’echec. Ed. Office des publication université Alger, 550.

Turcotte, P. (2005). Evaluation et Phylogénétique du pois chiche (2000-2005)

Turner N C.,(1979). Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plant. In stress physiology in crop plants. (MUSSEL H.STAPLES R.C .eds.)New York Willey pp.343-372.

Turner N.C ., Walter R.S. and Evans P.,(1987). Water relations and osmotic adjustment of leaves and roots of Lupins in response to water deficits.

Turner NC ., (1986). Adaptation to water deficits : a changing perspective. Edit. Aust J Plant Physiol, Vol.13, pp 175-90.

Turner NC., (1997). Further progress in crop water relation. Edit. Adv. Agron. Vol.58, pp 293- 338.

Turner NC., Wright GC., Siddique K., (2001). Adaptation of grain legume to water-limited environments. Edit. Adv. Agron . VOL.71, pp 193-231.

Universitaire Tunisie, en Arabe) ; Pages : 300.

-V-

Van der M. et Lwis J., (1987). Origine, histoire et taxonomie du Cicer L du Pois chiche. Dans : Saxena M.C. et Singh E.D. le Pois chiche. 6^{ème} édition. 38- 44 p.

Varela J; sanchez- Monge. R ; Lopez-Torejon. G; Pascual CY; Martin Esteban M et Salcdo G,(2004). Vicilin and convicilin are potential major allergens from pea, unidad bioquimica, Departamento biotecnologia. ETS Ingenieros Agronomos, Madrid, and Clin Exp Allergy. Résumé dans NCBI (National center for biotechnology Information) consulté le 20 Octobre 2008.

Vassey T.L., Quick W.P., Sharkey T.D. and Stitt M.,(1991). Water stress, carbon dioxide, and light effects on sucrose phosphate synthase activity in phaseolus vulgaris. *Physiol Plant* 81 : p.37-44.

Vassey T.L. and Dharkey T.D.,(1989). Mild water stress of Phaseolus vulgaris plants leads to reduced starch synthesis and extractable sucrose phosphate synthase activity . *plant physiol* 89 :p.1066-1070.

-W-

Wang Z. and Stuttle G.W.,(1992). the role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 117:816-823

Ward D.A and Bunce J.H,(1987). Abscisic Acid Simultaneously Decreases Carboxylation Efficiency and Quantum Yield in attached Soybean Leaves... *J. Exp. Bot.* ;38 :1182-1192. *yield* .In: The chickpea .409 pages; CAB International, (Eds, Saxena, M.C, Singh, and K.B.),

-Z-

Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., El Antri S. & Hmyene A. (2006). Etude comparative des mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. *Biochimie, Substances naturelles et environnement. Congrès international de biochimie. Agadir.*

Annexe

Annexe I

Matériels utilisés

➤ Equipements

Agitateur vortex

Bain marie

Balance analytique

Cuve

Etuve

Réfrigérateur

Spectrophotomètre

➤ Verreries et matériel plastique

Bêcher de 50 ml, 100 ml

Entonnoir

Fiolle de 10 ml, 20 ml, 50 ml, 100 ml

Micropipettes

Papier filtre

Papier aluminium

Poire

Tubes à essai

➤ Les produits chimiques

Acétone

Acide acétique

Acide orthophonique

Acide sulfurique

CaCO_3

Ethanol

Méthanol

Na_2SO_4

Ninhydrine

Phénol

Toluène

Annexe II

Tab.01: Les mesures de la moyenne de la surface foliaire de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C) par (cm²).

	T	C1	C2
Ghab 4	8,17	4,06	2,03
Flip90-13C	6,63	5,98	4,57

Tab.02: Les mesures de la moyenne des entre nœuds de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).

	T	60%	30%
Ghab 4	18	13	11
Flip90-13C	17	16	14

Tab.03: Le rapport MFR/MSA de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C) par (g).

	T	60%	30%
Ghab 4	0,194	0,157	0,167
Flip90-13C	0,181	0,197	0,188

Tab.04: Les mesures de la moyenne de longueur principale des racines de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C) par (cm).

	T	60%	30%
Ghab 4	23	21	16
Flip90-13C	25	21	20

Tab.05: Les mesures de la moyenne des feuille par plant de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).

	T	60%	30%
Ghab 4	13	11	9
Flip90-13C	10	8	5

Tab.06: Les mesures de la teneur en chlorophylle a de 2 variété de pois chiche (Ghab 4, Flip90-13C).

	T	60%	30%
Ghab 4	3,83	2,24	1,91
Flip90-13C	5,253	3,189	2,135

Tab.07: Les mesures de la teneur en chlorophylle b de 2 variété de pois chiche (Ghab 4 , Flip90-13C).

	T	60%	30%
Ghab 4	7,334	4,109	3,338
Flip90-13C	9,87	7,493	4,103

Tab .08: Les mesures de densité de dosage des sucre soluble de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).

	T	60%	30%
Ghab 4	0,806	0,82	0,823
Flip90-13C	0,623	0,654	0,885

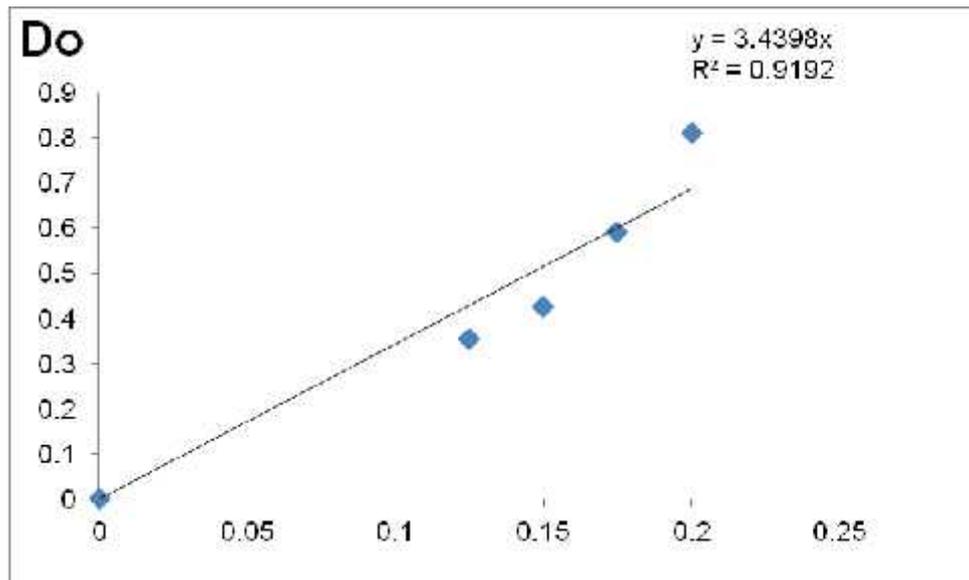
Tab.09 : Les mesures de densité de dosage de proline de 2 variétés de poids chiche (Ghab 4, Flip 90-13C).

	T	60%	30%
Ghab 4	0,28	0,296	0,507
Flip90-13C	0,244	0,374	0,440

Tab.10: Courbe d'étannolage de la proline :

La courbe d'étannolage est préparé par peser de 1g de proline ajusté à 100ml d'eau distillé. Dans des tube à essais préparé une gamme étannolage allant de 0.125 à 0.2 mg.ml⁻¹.

Tube	1	2	3	4	5
Concentration mg/ml	0	0,125	0,15	0,175	0,2
Densité optique	0	0,356	0,425	0,591	0,812

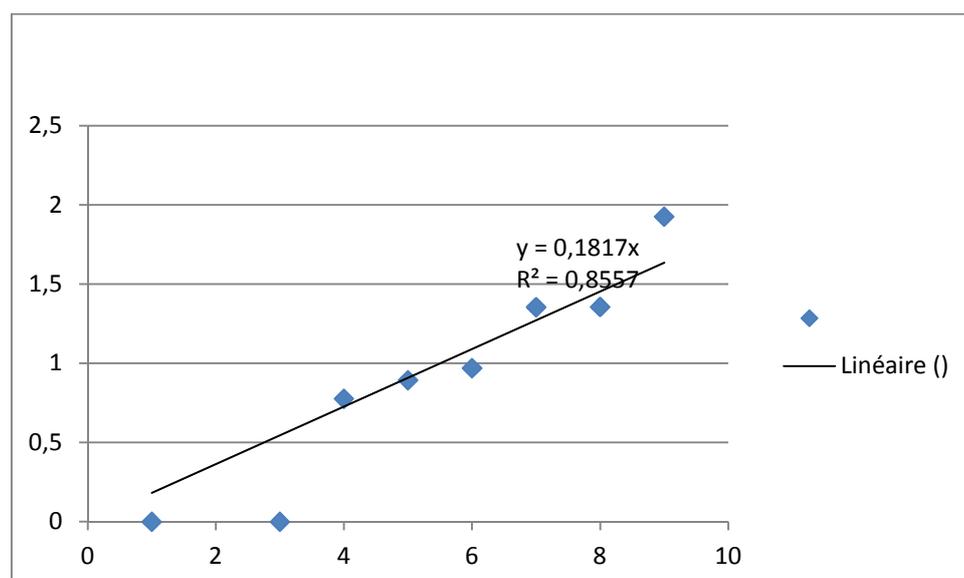


Courbe d'étannolage de la proline

Tab.11: Courbe d'étannolage des sucres solubles :

La courbe d'étannolage est préparée par peser de 1g de glucose ajusté à 100ml d'eau distillé. Dans des tube à essais préparé une gamme étannolage allant de 0.25 à 1.5 mg.ml⁻¹.

Tube	1	2	3	4	5	6	7
Concentration mg/ml	0	0,25	0,5	0,75	0,1	0,125	1,5
Densité optique	0	0,777	0,894	0,97	1,355	1,356	1,926



Courbe d'étannolage des sucres solubles

Résume :

La sécheresse est la principale contrainte limitantes de la productivité végétale. Diverses paramètres morphologiques et biochimique liée à l'adaptation au déficit hydrique (transpiration, résistance stomatique, capacité d'ajustement osmotique, teneur de pigments en chlorophylle, teneur en sucre soluble, proline et le développement racinaire) ont été étudiés chez deux variétés de pois chiche (*Cicer arietenum* L.). Ce conduit sous trois traitements hydriques différents. L'effet du stress hydrique est très significatif sur la quasi-totalité des traits morpho et biochimique analysés.

Cette étude montre que le pois chiche (*Cicer arietenum* L.) est caractérisé par de bonnes aptitudes d'ajustement osmotique. Cet ajustement est favorisé d'une accumulation importante de solutés (sucre soluble, proline) cette dernière s'accroît au fur et à mesure que le niveau de stress devient plus sévère. La tolérance à cette contrainte est estimée principalement à travers les variations de la teneur en eau des plantes. Laquelle est expliquée par les paramètres morphologiques d'adaptation retenue dans cette étude.

Mots clé :

Pois chiche, stress hydrique, paramètres morphologiques et biochimiques, ajustement osmotique, adaptation.

Summary:

The drought is a principal constraint limits the productivity vegetal. Various morphological and biochemical parameters related to the adaptation to the water deficit (rate water loss, stomatal resistance, osmotic adjustment, chlorophyll content, soluble sugars, proline and rooting development) were studied at two varieties of This chickpea (*Cicer L. arietenum*). Essay proceeded in three different treatments.

The effect of water stress was highly significant on the quasi-totality of morphological and biochemical traits analyzed.

This study shows that the chickpea (*Cicer L. arietenum*) is characterized by good aptitudes of osmotic adjustment. This adjustment is favored by an important accumulation of solutions (soluble sugars and proline). This later increase in proportion as the level of stress becomes more severe. Tolerance of this condition has estimated through for relative water content which is explained by morphological parameters.

Key word:

Chickpea, water stress, morphological and biochemical parameters, osmotic adjustment, adaptation.

الملخص:

يعتبر الجفاف عاملاً محددًا لتغيرات الإنتاج في المناطق التي تعاني من النقص المائي. عدة عوامل مورفولوجية وبيوكيميائية مرتبطة بالتأقلم مع الجفاف تم دراستها عند صنفين من الحمص، أنجز هذا العمل تحت تأثير ثلاث تراكيز مائية مختلفة. تأثير الإجهاد المائي كان جدي معنوي على غالبية المعايير المورفولوجية و البيوكيميائية المدروسة.

هذه الدراسة أثبتت أن الحمص يمتاز بتعديل اسموزي، هذا التعديل الاسموزي يكون نتيجة لتراكم بعض المركبات (برولين، سكريات منحلّة)، هذا التراكم يزداد بازدياد حدة العجز المائي. وكذا أظهر نبات الحمص تغيرات داخلية معتبرة متعلقة بالتأقلم مع الجفاف، والذي يقدر لاختلاف كمية الماء الموجودة داخل النبات من خلال دراسة بعض الخصائص.

الكلمات المفتاحية:

الحمص، الإجهاد المائي، التعديل الاسموزي، العوامل المورفولوجية، العوامل البيوكيميائية، التأقلم

