

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire

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

Thème

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

Présenté par *Melle*: **TOUAHRI HADJIRA**

Soutenu le : 04/07/2013

Devant le jury :

Président : **BEN REBIHA. F Z**

Prof. Université **Saad Dahlab** Blida.

Encadreur : **BEN MOUSSA. M**

Prof. Université **Saad Dahlab** Blida.

Co-promotrice : **Mme. MAAMRI .F**

Attachée de recherche. **INRAA.**

Examineur : **HADJ SADOUK.T**

M.C. Université **Saad Dahlab** Blida.

Année Universitaire 2013

Remerciements

Tout d'abord, grâce à «**ALWWAHID** » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail, m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule. Louanges à «**ALLAH** ».

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements :

Â **MR M. BEN MOUSSA**, Professeur à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui a bien voulu m'encadrer, m'orienter et m'encourager tout le long de ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

Â **Mme F. MAAMRI**, Attachée de Recherche et responsable au laboratoire des ressources phylogénétiques à l'Institut National de Recherche Agronomique d'Algérie (**INRAA**), pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire. Grâce à sa compétence, elle a été d'un grand apport à la réalisation de ce travail. Sa patience, son soutien moral et scientifique ainsi que ses précieux conseils m'ont permis de mener à terme ce projet. Qu'il trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent :

Â, **Mme F Z. BEN RBIHA**, Professeur à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il reçoive ici, l'expression de mon plus grand respect.

Â **MR T. HADJ SADOUK**, à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je tiens à remercier très spécialement **MR A. ZOUAOUI**, Maître assistant à l'Université **Saad Dahlab, Blid**, et responsable au laboratoire de biotechnologie végétale, pour son aide, son soutien moral, de m'avoir apporté ses conseils. Pour sa participation active dans mon travail.

Je voudrais également remercier **MR DERRADJI.H**, et **MR Riyadh** pour son Disponibilités, la conception de nombreux programmes d'analyse statistiques ainsi que le traitement proprement dit de l'ensemble des données.

Â **tout le personnel de l'INRA**, en particulier à mademoiselle **DJEDDOU. R**, Ingénieure d'état en agronomie, qui est contribué à la réussite de mon expérimentation. Je vous remercie pour votre patience, votre gentillesse, votre disponibilité, vos conseils et votre accueil très chaleureux de m'avoir guidée au laboratoire.

À tous mes collègues de ma promotion et mes collègues du travail, et mes amis ainsi qu'à d'autres étudiants

*À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail surtout Mademoiselle **TAIBOUNE. F.***

Enfin, je remercie tous les membres de ma très chère grande famille chacun par son nom, pour leur aide et leur soutien moral.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère Oum Elkheir, qui m'a toujours entourée d'amour et de tendresse. Présente à jamais dans mes pensées, elle m'accompagnera tout au long de ma vie.

Mes frères ; Mohamed, Abdellah et Rafic

Mes sœurs ; Souhila et son mari Samir, Ghania et son mari Rabah, Amina et Ahlam

Les enfants : Sidahmed, Soundous, Wassim, Abdelmalek, Ahmed et Hadil

Je voudrais exprimer ma sympathie et ma gratitude :

À mes amis : Meriem, Imane, Nawal, Ibtissam, Fatiha, Aouda.

À mes collègues du travail: Fatima, Nawal, Abdelmalek, Lamia, Nassima, Nour.

À tous mes collègues de la promotion « Biotechnologie végétal »

À toute ma famille surtout, Fadhila et Omar, dont le courage et la force de caractère m'ont servie de modèle pour me guider dans mes choix.

À mes proches, qui m'ont soutenue et encouragée dans l'accomplissement de ce travail.

Je dédie ce modeste travail

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

Résumé

Les cultures fourragères adaptées à la sécheresse développent plusieurs mécanismes morphologiques, physiologiques et biochimiques qui leur permettent de résister à ces conditions contraignantes.

Dans ce travail, nous avons fixé comme objectif d'évaluer l'effet et la variabilité de la réponse au déficit hydrique chez cinq populations de l'espèce *Lolium rigidum Gaud* par études ces mécanismes sous trois niveaux de stress hydrique, un témoin (SDH), stress modéré et stress sévère (MDH 50, ADH 80 % de capacité de champs). Le choix des niveaux du stress hydrique est appliqué au stade de la montaison. Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique a causé des réductions significatives de la surface foliaire, de la teneur relative en eau, du taux de la déperdition de la chlorophylle totale, ainsi qu'une accumulation importante de la proline au niveau des feuilles.

En conclusion, l'étude à montre que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes des réponses chez les cinq populations mais à des degrés différents

Mots clés :

Culture fourragère, sécheresse, stress hydrique, la tolérance, *lolium rigidum Gaud*, Mécanismes, morphologiques, physiologiques et biochimique.

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

Abstract:

Forage crops adapted to drought developed several morphological, physiological and biochemical mechanisms that enable them to withstand the demanding conditions.

In this work, we set out to assess the effect and the variability in the response to water deficit in five populations of the species *Lolium rigidum* Gaud by studies such facilities under three levels of water stress control (SDH), stress moderate and severe stress (MDH 50, ADH 80% of field capacity). The choice of levels of water stress is applied at the stage of montaison. The results show that water stress caused significant a reductions in leaf area, relative water content, rate of total chlorophyll and a significant accumulation of prolin the leaves.

In conclusion, the study shows that water stress causes the same mechanisms of responses in five populations, but to different degrees.

Key words:

Forage crops, drought, water stress, tolerance, *Lolium rigidum* Gaud, morphological, physiological and biochemical mechanisms.

المساهمة في دراسة مقاومة الجفاف لدى بعض النباتات العفوية *Lolium rigidum Gaud*

الملخص

طورت الزراعة العلفية المتأقلمة مع الجفاف عدة اليات مورفولوجيا، فيزيولوجية و بيوكيميائية تمكنها من مقاومة هذه الظروف المقيدة.

الهدف من هذا العمل هو تقييم تأثير وتنوع الاستجابة لنقص المياه عند خمسة انواع من *Lolium rigidum Gaud* دراسة هذه الاليات تحت ثلاثة مستويات من الإجهاد المائي، شاهد (SDH)، والإجهاد المعتدل والشديد (50MDH، 80 ADH % من السعة الحقلية). و التي تم تطبيقها في مرحلة التطور. تبين النتائج المحصل عليها أن الاجهاد المائي تسبب في تقلص المساحة الورقية، انخفاض محتوى الماء النسبي، نقص محتوى الكلوروفيل الكلي وتراكم كبير من البرولين على مستوى الأوراق.

في الختام، اظهرت الدراسات أنه بوجود الإجهاد المائي تستجيب الاصناف المدروسة بنفس الاليات، ولكن بدرجات مختلفة.

الكلمات المفتاحية:

الزراعة العلف، الجفاف، الإجهاد المائي، المقاومة، *Lolium rigidum Gaud*، الآليات، المورفولوجيا، الفسيولوجية والبيو كيميائية.

Abréviations

A : apport d'eau d'irrigation.

ABA : Acide Abscisique.

CC : la capacité au champ.

CR : la capacité de rétention

D : drainage.

DE : début d'épiaison.

DF : début de floraison.

Do : densité optique.

ETM : Evapotranspiration maximale.

FAO: Food and Agriculture Organization.

Fig : figure.

H : heure.

HP : La Hauteur De La Plante.

INRAA : Institut National Agronomique Algérienne.

J : jours.

LAF : La Largeur De La Feuille.

LE : longueur de l'épi.

LOF : La Longueur De La Feuille.

LOL : *Lolium*.

NT : nombre de l'épi.

NT : nombre de talles.

Pf : poids final du pot à la fin du stress (g),

PF : point de flétrissement.

Pi : poids initial du pot à la capacité de rétention,

PRO : La Teneur En Proline.

PS : poids sec.

PSII : photosystème II.

PT : poids de pleine turgescence.

RU : Réserve Utile.

SF : Surface foliaire.

SF : Surface Foliaire.

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

Tab : tableau.

TCT : taux de chlorophylle totale.

TRE : teneur relative en eau.

TS : Taux De Dessèchement.

UFL : unités fourragères lait.

XRU: réserve utile du sol (g / g du sol sec) au taux recherché (50 % de la RU, 80% de la RU).

Liste des figures

Fig. 01: Morphologie des deux graminées les plus cultivées en France.....	02
Fig. 02: Variation de nombre des talles des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	42
Fig. 03: Variation de nombre des épis des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	43
Fig. 04: Variation le début d'épiaison des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	44
Fig. 05: Variation le début d'épiaison des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	45
Fig. 06: Variation de longueur de la feuille des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	46
Fig. 07: Variation de largeur de la feuille des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	47
Fig. 08: Variation de la longueur de l'épis des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	48
Fig. 09: Variation du hauteur de la plante des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	50
Fig. 10: Variation de taux de dessèchement des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	51
Fig. 11: Variation de la surface foliaire des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud.</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	52
Fig. 12: Variation de la teneur relative en eau des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud.</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	54
Fig. 13: Variation de taux de chlorophylle des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	55
Fig. 14: Variation de la teneur en proline des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	56

Liste des planches

Planche : 1.....	38
Planche : 2.....	39

Liste des tableaux

Tab. I: Espèces de graminées et surfaces (ha) en multiplication en 2003.....	04
Tab. II: présentation botaniques des espèces du genre <i>Lolium</i> rencontrées en Algérie.....	09
Tab. III : Pérennité, nombre chromosomique, système de reproduction et répartition géographique des espèces du genre <i>Lolium L</i>	13
Tab. IV: Répartition des pots des populations du <i>Lolium rigidum Gaud</i> par randomisation totale.....	29
Tab. V: Dosage de proline.....	37
Tab.VI. Les Moyennes des variables des paramètres morphologiques, physiologique, biochimiques, et leurs groupes homogènes.....	40

Liste des annexes

Annexe I : Tableaux d'analyse de variance à deux facteurs fixes Des paramètres étudiés (phenologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques	80
Annexe II : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères étudiés de cinq Populations.....	89
Annexe III : Boite de Moustaches.....	

Sommaire

Introduction.....	01
-------------------	----

CHAPITRE I : Revues bibliographiques

1. Généralités sur les graminées fourragères.....	03
1.1 Importances des graminées fourragères.....	03
1.2. Morphologie.....	04
1.3. Les maladies des graminées.....	05
2. Le genre <i>Lolium L.</i>	05
2.1. Historique et Classification de <i>Lolium</i> d'Algérie.....	05
2.2. Classification du genre <i>Lolium</i>	07
2.3. Présentation botanique du genre <i>Lolium</i>	07
2.4. Aire de répartition, caractéristiques édapho-climatiques et origine génétique des espèces appartenant au genre.....	10
2.5. Importance de la plante.....	12
3. La tolérance des plantes à la sécheresse.....	14
3.1. Terminologie de la sécheresse.....	14
3.2. L'eau dans la plante.....	14
3.3. Effet de la sécheresse sur le comportement physiologique.....	15
3.3.1. Effet de la sécheresse sur la production.....	15
3.3.2. L'effet de la sécheresse sur la nutrition minérale.....	16
3.3.3. Effet du stress hydrique sur la surface assimilatrice.....	16
3.4. Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse.....	17
3.4.1. Adaptation phénologique.....	18
3.4.2. Adaptation morphologique.....	18
3.4.3. Adaptation physiologique.....	19
3.4.3.1. La capacité photosynthétique.....	19

3.4.3.2. La teneur en chlorophylle.....	20
3.4.3.3. L'ajustement osmotique.....	20
3. 4.3.4. Fonctionnement stomatique.....	21
3.4.3.5. La capacité de récupération après un déficit hydrique.....	22
3.5. Mécanisme d'adaptation biochimique en condition de la sécheresse.....	22
3.5.1 Accumulation de la proline dans l'adaptation à la sécheresse.....	22
3.5.2. Rôles des sucres solubles.....	24
3.5.3. Rôle de Potassium.....	25

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

1. Matériel végétale.....	29
2. Conduite et organisation de l'essai.....	29
3. Dispositif expérimental.....	29
3. 1. Préparation des pots et le semi.....	29
3. 2. Détermination et application des niveaux de stress.....	30
3. 3. Les paramètres mesurés.....	34
3. 3. 1. Les paramètres phénologiques et morphologiques.....	34
3. 3. 2. Paramètres physiologiques.....	35
3. 3. 2. 1. La teneur relative en eau (TRE « % »).....	35
3. 3. 3. Paramètres biochimiques.....	36
3. 3. 3. 1. Dosage de la proline (Pro « µg/100mg MF »).....	36
3.4. Traitement et analyse statistique.....	37

CHAPITRE III : Résultats et discussion

I. Variation des paramètres mesurés (phénologique, morphologique, physiologique et biochimiques...)	40
2. Variation des paramètres physiologiques.....	41
2.1. Variation de la teneur relative en eau (%)......	52
2.2. Variation de la teneur en chlorophylle.....	53
3. Variation des paramètres biochimiques.....	54
3.1. Variation de la teneur en proline (µg/100mg MF).....	54

II. Discussion des résultats.....	55
1. Les paramètres phénologiques et morphologiques.....	55
2. Les paramètres physiologique.....	58
3. Les paramètres biochimiques.....	59
Conclusion et Perspectives.....	61
Références Bibliographiques.....	63
Annexe.....	72

Remerciements

Tout d'abord, grâce à «**ALWWAHID** » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail, m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule. Louanges à «**ALLAH** ».

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements :

Â **MR M. BEN MOUSSA**, Professeur à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui a bien voulu m'encadrer, m'orienter et m'encourager tout le long de ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

Â **Mme F. MAAMRI**, Attachée de Recherche et responsable au laboratoire des ressources phytogénétiques à l'Institut National de Recherche Agronomique d'Algérie (**INRAA**), pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire. Grâce à sa compétence, elle a été d'un grand apport à la réalisation de ce travail. Sa patience, son soutien moral et scientifique ainsi que ses précieux conseils m'ont permis de mener à terme ce projet. Qu'il trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent :

Â, **Mme F Z. BEN RBIHA**, Professeur à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il reçoive ici, l'expression de mon plus grand respect.

Â **MR T. HADJ SADOUK**, à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je tiens à remercier très spécialement **MR A. ZOUAOUI**, Maître assistant à l'Université **Saad Dahlab, Blid**, et responsable au laboratoire de biotechnologie végétale, pour son aide, son soutien moral, de m'avoir apporté ses conseils. Pour sa participation active dans mon travail.

Je voudrais également remercier **MRDERRADJI .H**, et **MR Riyadh** pour son Disponibilités, la conception de nombreux programmes d'analyse statistiques ainsi que le traitement proprement dit de l'ensemble des données.

*À tout le personnel de l'INRA, en particulier à mademoiselle **DJEDDOU. R**, Ingénieure d'état en agronomie, qui est contribué à la réussite de mon expérimentation. Je vous remercie pour votre patience, votre gentillesse, votre disponibilité, vos conseils et votre accueil très chaleureux de m'avoir guidée au laboratoire.*

À tous mes collègues de ma promotion et mes collègues du travail, et mes amis ainsi qu'à d'autres étudiants

*À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail surtout Mademoiselle **TAIBOUNE. F**.*

Enfin, je remercie tous les membres de ma très chère grande famille chacun par son nom, pour leur aide et leur soutien moral.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère Oum Elkheir, qui m'a toujours entourée d'amour et de tendresse. Présente à jamais dans mes pensées, elle m'accompagnera tout au long de ma vie.

Mes frères ; Mohamed, Abdellah et Rafic

Mes sœurs ; Souhila et son mari Samir, Ghania et son mari Rabah, Amina et Ahlam

Les enfants : Sidahmed, Soundous, Wassim, Abdelmalek, Ahmed et Hadil

Je voudrais exprimer ma sympathie et ma gratitude :

À mes amis : Meriem, Imane, Nawal, Ibtissam, Fatiha, Aouda.

À mes collègues du travail: Fatima, Nawal, Abdelmalek, Lamia, Nassima, Nour.

À tous mes collègues de la promotion « Biotechnologie végétal »

À toute ma famille surtout, Fadhila et Omar, dont le courage et la force de caractère m'ont servie de modèle pour me guider dans mes choix.

À mes proches, qui m'ont soutenue et encouragée dans l'accomplissement de ce travail.

Je dédie ce modeste travail

en témoignage de ma reconnaissance *HADJIRA*

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB, BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

Mémoire

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

Thème

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

Présenté par *Melle*: **TOUAHRI HADJIRA**

Soutenu le : 04/07/2013

Devant le jury :

Président : **BEN REBIHA. F Z**

Prof. Université **Saad Dahlab** Blida.

Encadreur : **BEN MOUSSA. M**

Prof. Université **Saad Dahlab** Blida.

Co-promotrice : **Mme. MAAMRI .F**

Attachée de recherche. **INRAA.**

Examineur : **HADJ SADOUK.T**

M.C. Université **Saad Dahlab** Blida.

Année Universitaire 2013

Remerciements

Tout d'abord, grâce à «**ALWWAHID** » qui m'a guidé sur le droit chemin tout au long de ce travail, m'a créé, m'a protégé, qui est toujours avec moi et qu'il ne me laisse jamais seule. Louanges à «**ALLAH** ».

Au terme de cette étude, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements :

Â **MR M. BEN MOUSSA**, Professeur à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui a bien voulu m'encadrer, m'orienter et m'encourager tout le long de ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

Â **Mme F. MAAMRI**, Attachée de Recherche et responsable au laboratoire des ressources phytogénétiques à l'Institut National de Recherche Agronomique d'Algérie (**INRAA**), pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire. Grâce à sa compétence, elle a été d'un grand apport à la réalisation de ce travail. Sa patience, son soutien moral et scientifique ainsi que ses précieux conseils m'ont permis de mener à terme ce projet. Qu'il trouve ici, le témoignage d'une profonde gratitude.

Mes remerciements les plus profonds et toute ma reconnaissance s'adressent :

Â, **Mme F Z. BEN RBIHA**, Professeur à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il reçoive ici, l'expression de mon plus grand respect.

Â **MR T. HADJ SADOUK**, à l'Université **Saad Dahlab Blida**, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'il trouve ici, l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je tiens à remercier très spécialement **MR A. ZOUAOUI**, Maître assistant à l'Université **Saad Dahlab, Blid**, et responsable au laboratoire de biotechnologie végétale, pour son aide, son soutien moral, de m'avoir apporté ses conseils. Pour sa participation active dans mon travail.

Je voudrais également remercier **MR DERRADJI.H**, et **MR Riyadh** pour son Disponibilités, la conception de nombreux programmes d'analyse statistiques ainsi que le traitement proprement dit de l'ensemble des données.

Â **tout le personnel de l'INRA**, en particulier à mademoiselle **DJEDDOU. R**, Ingénieure d'état en agronomie, qui est contribué à la réussite de mon expérimentation. Je vous remercie pour votre patience, votre gentillesse, votre disponibilité, vos conseils et votre accueil très chaleureux de m'avoir guidée au laboratoire.

À tous mes collègues de ma promotion et mes collègues du travail, et mes amis ainsi qu'à d'autres étudiants

*À tous ceux qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail surtout Mademoiselle **TAIBOUNE. F.***

Enfin, je remercie tous les membres de ma très chère grande famille chacun par son nom, pour leur aide et leur soutien moral.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Ma mère Oum Elkheir, qui m'a toujours entourée d'amour et de tendresse. Présente à jamais dans mes pensées, elle m'accompagnera tout au long de ma vie.

Mes frères ; Mohamed, Abdellah et Rafic

Mes sœurs ; Souhila et son mari Samir, Ghania et son mari Rabah, Amina et Ahlam

Les enfants : Sidahmed, Soundous, Wassim, Abdelmalek, Ahmed et Hadil

Je voudrais exprimer ma sympathie et ma gratitude :

À mes amis : Meriem, Imane, Nawal, Ibtissam, Fatiha, Aouda.

À mes collègues du travail: Fatima, Nawal, Abdelmalek, Lamia, Nassima, Nour.

À tous mes collègues de la promotion « Biotechnologie végétal »

À toute ma famille surtout, Fadhila et Omar, dont le courage et la force de caractère m'ont servie de modèle pour me guider dans mes choix.

À mes proches, qui m'ont soutenue et encouragée dans l'accomplissement de ce travail.

Je dédie ce modeste travail

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

Résumé

Les cultures fourragères adaptées à la sécheresse développent plusieurs mécanismes morphologiques, physiologiques et biochimiques qui leur permettent de résister à ces conditions contraignantes.

Dans ce travail, nous avons fixé comme objectif d'évaluer l'effet et la variabilité de la réponse au déficit hydrique chez cinq populations de l'espèce *Lolium rigidum Gaud* par études ces mécanismes sous trois niveaux de stress hydrique, un témoin (SDH), stress modéré et stress sévère (MDH 50, ADH 80 % de capacité de champs). Le choix des niveaux du stress hydrique est appliqué au stade de la montaison. Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique a causé des réductions significatives de la surface foliaire, de la teneur relative en eau, du taux de la déperdition de la chlorophylle totale, ainsi qu'une accumulation importante de la proline au niveau des feuilles.

En conclusion, l'étude à montre que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes des réponses chez les cinq populations mais à des degrés différents

Mots clés :

Culture fourragère, sécheresse, stress hydrique, la tolérance, *lolium rigidum Gaud*, Mécanismes, morphologiques, physiologiques et biochimique.

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

Abstract:

Forage crops adapted to drought developed several morphological, physiological and biochemical mechanisms that enable them to withstand the demanding conditions.

In this work, we set out to assess the effect and the variability in the response to water deficit in five populations of the species *Lolium rigidum Gaud* by studies such facilities under three levels of water stress control (SDH), stress moderate and severe stress (MDH 50, ADH 80% of field capacity). The choice of levels of water stress is applied at the stage of montaison. The results show that water stress caused significant a reductions in leaf area, relative water content, rate of total chlorophyll and a significant accumulation of prolin the leaves.

In conclusion, the study shows that water stress causes the same mechanisms of responses in five populations, but to different degrees.

Key words:

Forage crops, drought, water stress, tolerance, *Lolium rigidum Gaud*, morphological, physiological and biochemical mechanisms.

المساهمة في دراسة مقاومة الجفاف لدى بعض النباتات العفوية *Lolium rigidum Gaud*

الملخص

طورت الزراعة العلفية المتأقلمة مع الجفاف عدة اليات مورفولوجيا، فيزيولوجية و بيوكيميائية تمكنها من مقاومة هذه الظروف المقيدة.

الهدف من هذا العمل هو تقييم تأثير وتنوع الاستجابة لنقص المياه عند خمسة انواع من *Lolium rigidum Gaud* دراسة هذه الاليات تحت ثلاثة مستويات من الإجهاد المائي، شاهد (SDH)، والإجهاد المعتدل والشديد (50MDH، 80 ADH % من السعة الحقلية). و التي تم تطبيقها في مرحلة التطور. تبين النتائج المحصل عليها أن الاجهاد المائي تسبب في تقلص المساحة الورقية، انخفاض محتوى الماء النسبي، نقص محتوى الكلوروفيل الكلي وتراكم كبير من البرولين على مستوى الأوراق.

في الختام، اظهرت الدراسات أنه بوجود الإجهاد المائي تستجيب الاصناف المدروسة بنفس الاليات، ولكن بدرجات مختلفة.

الكلمات المفتاحية:

الزراعة العلف، الجفاف، الإجهاد المائي، المقاومة، *Lolium rigidum Gaud*، الآليات، المورفولوجيا، الفسيولوجية والبيو كيميائية.

Abréviations

A : apport d'eau d'irrigation.

ABA : Acide Abscisique.

CC : la capacité au champ.

CR : la capacité de rétention

D : drainage.

DE : début d'épiaison.

DF : début de floraison.

Do : densité optique.

ETM : Evapotranspiration maximale.

FAO: Food and Agriculture Organization.

Fig : figure.

H : heure.

HP : La Hauteur De La Plante.

INRAA : Institut National Agronomique Algérienne.

J : jours.

LAF : La Largeur De La Feuille.

LE : longueur de l'épi.

LOF : La Longueur De La Feuille.

LOL : *Lolium*.

NT : nombre de l'épi.

NT : nombre de talles.

Pf : poids final du pot à la fin du stress (g),

PF : point de flétrissement.

Pi : poids initial du pot à la capacité de rétention,

PRO : La Teneur En Proline.

PS : poids sec.

PSII : photosystème II.

PT : poids de pleine turgescence.

RU : Réserve Utile.

SF : Surface foliaire.

SF : Surface Foliaire.

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

Tab : tableau.

TCT : taux de chlorophylle totale.

TRE : teneur relative en eau.

TS : Taux De Dessèchement.

UFL : unités fourragères lait.

XRU: réserve utile du sol (g / g du sol sec) au taux recherché (50 % de la RU, 80% de la RU).

Liste des figures

Fig. 01: Morphologie des deux graminées les plus cultivées en France.....	02
Fig. 02: Variation de nombre des talles des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	42
Fig. 03: Variation de nombre des épis des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	43
Fig. 04: Variation le début d'épiaison des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	44
Fig. 05: Variation le début d'épiaison des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	45
Fig. 06: Variation de longueur de la feuille des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	46
Fig. 07: Variation de largeur de la feuille des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	47
Fig. 08: Variation de la longueur de l'épis des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	48
Fig. 09: Variation du hauteur de la plante des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	50
Fig. 10: Variation de taux de dessèchement des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	51
Fig. 11: Variation de la surface foliaire des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud.</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	52
Fig. 12: Variation de la teneur relative en eau des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud.</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	54
Fig. 13: Variation de taux de chlorophylle des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	55
Fig. 14: Variation de la teneur en proline des cinq populations de <i>Lolium rigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	56

Liste des planches

Planche : 1.....	38
Planche : 2.....	39

Liste des tableaux

Tab. I: Espèces de graminées et surfaces (ha) en multiplication en 2003.....	04
Tab. II: présentation botaniques des espèces du genre <i>Lolium</i> rencontrées en Algérie.....	09
Tab. III : Pérennité, nombre chromosomique, système de reproduction et répartition géographique des espèces du genre <i>Lolium L</i>	13
Tab. IV: Répartition des pots des populations du <i>Lolium rigidum Gaud</i> par randomisation totale.....	29
Tab. V: Dosage de proline.....	37
Tab.VI. Les Moyennes des variables des paramètres morphologiques, physiologique, biochimiques, et leurs groupes homogènes.....	40

Liste des annexes

Annexe I : Tableaux d'analyse de variance à deux facteurs fixes Des paramètres étudiés (phenologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques	80
Annexe II : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères étudiés de cinq Populations.....	89
Annexe III : Boite de Moustaches.....	

Sommaire

Introduction.....	01
-------------------	----

CHAPITRE I : Revues bibliographiques

1. Généralités sur les graminées fourragères.....	03
1.1 Importances des graminées fourragères.....	03
1.2. Morphologie.....	04
1.3. Les maladies des graminées.....	05
2. Le genre <i>Lolium L.</i>	05
2.1. Historique et Classification de <i>Lolium</i> d'Algérie.....	05
2.2. Classification du genre <i>Lolium</i>	07
2.3. Présentation botanique du genre <i>Lolium</i>	07
2.4. Aire de répartition, caractéristiques édapho-climatiques et origine génétique des espèces appartenant au genre.....	10
2.5. Importance de la plante.....	12
3. La tolérance des plantes à la sécheresse.....	14
3.1. Terminologie de la sécheresse.....	14
3.2. L'eau dans la plante.....	14
3.3. Effet de la sécheresse sur le comportement physiologique.....	15
3.4. Mécanismes d'adaptation des plantes à la sécheresse.....	17
3.4.2. Adaptation phénologique, morphologique.....	18
3.4.3. Adaptation physiologique.....	19
3.5. Mécanisme d'adaptation biochimique en condition de la sécheresse.....	22
3.5.1 Accumulation de la proline dans l'adaptation à la sécheresse.....	22
3.5.2. Rôles des sucres solubles.....	24
3.5.3. Rôle de Potassium.....	25

CHAPITRE II : Matériel et méthodes

1. Matériel végétale.....	29
2. Conduite et organisation de l'essai.....	29
3. Dispositif expérimental.....	29
3. 1. Préparation des pots et le semi.....	29
3. 2. Détermination et application des niveaux de stress.....	30
3. 3. Les paramètres mesurés.....	34
3. 3. 1. Les paramètres phénologiques et morphologiques	34
3. 3. 2. Paramètres physiologiques.....	35
3. 3. 3. Paramètres biochimiques.....	36
3.4. Traitement et analyse statistique.....	37

CHAPITRE III : Résultats et discussion

I. Variation des paramètres mesurés (phénologique, morphologique, physiologique et biochimiques.....	40
2. Variation des paramètres physiologiques.....	41
3. Variation des paramètres biochimiques.....	54
II. Discussion des résultats.....	55
1. Les paramètres phénologiques et morphologiques.....	55
2. Les paramètres physiologique.....	58
3. Les paramètres biochimiques.....	59
Conclusion et Perspectives.....	61
Références Bibliographiques.....	63
Annexe.....	72

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

Résumé

Les cultures fourragères adaptées à la sécheresse développent plusieurs mécanismes morphologiques, physiologiques et biochimiques qui leur permettent de résister à ces conditions contraignantes.

Dans ce travail, nous avons fixé comme objectif d'évaluer l'effet et la variabilité de la réponse au déficit hydrique chez cinq populations de l'espèce *Loliumrigidum Gaud* par études ces mécanismes sous trois niveaux de stress hydrique, un témoin (SDH), stress modéré et stress sévère (MDH 50, ADH 80 % de capacité de champs). Le choix des niveaux du stress hydrique est appliqué au stade de la montaison. Les résultats obtenus montrent que le déficit hydrique a causé des réductions significatives de la surface foliaire, de la teneur relative en eau, du taux de la déperdition de la chlorophylle totale, ainsi qu'une accumulation importante de la proline au niveau des feuilles.

En conclusion, l'étude à montre que le stress hydrique provoque les mêmes mécanismes des réponses chez les cinq populations mais à des degrés différents

Mots clés :

Culture fourragère, sécheresse, stress hydrique, la tolérance, *loliumrigidum Gaud*, Mécanismes, morphologiques, physiologiques et biochimique.

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

Abstract:

Forage crops adapted to drought developed several morphological, physiological and biochemical mechanisms that enable them to withstand the demanding conditions.

In this work, we set out to assess the effect and the variability in the response to water deficit in five populations of the species *Lolium rigidum Gaud* by studies such facilities under three levels of water stress control (SDH), stress moderate and severe stress (MDH 50, ADH 80% of field capacity). The choice of levels of water stress is applied at the stage of montaison. The results show that water stress caused significant a reductions in leaf area, relative water content, rate of total chlorophyll and a significant accumulation of prolin the leaves.

In conclusion, the study shows that water stress causes the same mechanisms of responses in five populations, but to different degrees.

Key words:

Forage crops, drought, water stress, tolerance, *Lolium rigidum Gaud*, morphological, physiological and biochemical mechanisms.

المساهمة في دراسة مقاومة الجفاف لدى بعض النباتات العفوية *Lolium rigidum* Gaud

الملخص

طورت الزراعة العلفية المتأقلمة مع الجفاف عدة آليات مورفولوجيا، فيزيولوجية و بيوكيميائية تمكنها من مقاومة هذه الظروف المقيدة.

الهدف من هذا العمل هو تقييم تأثير وتنوع الاستجابة لنقص المياه عند خمسة انواع من *Lolium rigidum* Gaud دراسة هذه الآليات تحت ثلاثة مستويات من الإجهاد المائي، شاهد (SDH)، والإجهاد المعتدل والشديد (50MDH، 80ADH٪ من السعة الحقلية). و التي تم تطبيقها في مرحلة التطور. تبين النتائج المحصل عليها أن الإجهاد المائي تسبب في تقلص المساحة الورقية، انخفاض محتوى الماء النسبي، نقص محتوى الكلوروفيل الكلي وتراكم كبير من البرولين على مستوى الأوراق.

في الختام، اظهرت الدراسات أنه يوجد الإجهاد المائي تستجيب الاصناف المدروسة بنفس الآليات، ولكن بدرجات مختلفة.

الكلمات المفتاحية:

الزراعة العلف، الجفاف، الإجهاد المائي، المقاومة، *Lolium rigidum* Gaud، الآليات، المورفولوجيا، الفسيولوجية والبيو كيميائية.

Liste des figures

Fig.01: Morphologie des deux graminées les plus cultivées en France.....	02
Fig. 02: Variation de nombre des talles des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	42
Fig.03: Variation de nombre des épis des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	43
Fig.04: Variation le début d'épiaison des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	44
Fig.05: Variation le début d'épiaison des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	45
Fig.06: Variation de longueur de la feuille des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	46
Fig.07: Variation de largeur de la feuille des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	47
Fig.08: Variation de la longueur de l'épis des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	48
Fig.09: Variation du hauteur de la plante des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	50
Fig.10: Variation de taux de dessèchement des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	51
Fig. 11: Variation de la surface foliaire des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud.</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	52
Fig.12: Variation de la teneur relative en eau des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud.</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	54
Fig.13: Variation de taux de chlorophylle des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	55
Fig.14: Variation de la teneur en proline des cinq populations de <i>Loliumrigidum Gaud</i> soumis aux différents niveaux de stress hydrique.....	56

Liste des planches

Planche : 1.....	38
Planche : 2.....	39

Liste des tableaux

Tab. I: Espèces de graminées et surfaces (ha) en multiplication en 2003.....	04
Tab. II: présentation botaniques des espèces du genre <i>Lolium</i> rencontrées en Algérie.....	09
Tab. III : Pérennité, nombre chromosomique, système de reproduction et répartition géographique des espèces du genre <i>Lolium L</i>	13
Tab. IV: Répartition des pots des populations du <i>Lolium rigidum Gaud</i> par randomisation totale.....	29
Tab. V: Dosage de proline.....	37
Tab. VI. Les Moyennes des variables des paramètres morphologiques, physiologique, biochimiques, et leurs groupes homogènes.....	40

Liste des annexes

Annexe I : Tableaux d'analyse de variance à deux facteurs fixes Des paramètres étudiés (phenologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques

Annexe II : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères étudiés de cinq Populations.

Annexe III :statistique descriptive

Introduction

Depuis plusieurs années, les climatologues constatent des modifications climatiques à l'échelle mondiale, et surtout régionale, (insuffisance et mauvaise répartition spatiotemporelle des pluies) entraînant un réchauffement de la planète. Ainsi l'utilisation de l'eau à des fins agricoles se trouve de plus en plus en compétition avec les autres usages (domestiques et industriels). En outre, l'approvisionnement en eau d'irrigation est limité par des nappes peu fournies et l'insuffisance des eaux de surface. Ces exemples illustrent la nécessité de la gestion rationnelle des eaux d'irrigation des cultures irriguées (**Martin et al, 1989**).

L'Algérie représente l'une des zones de diversité génétique les plus riches, où l'on peut recenser une grande variété de milieux agro-écologiques ; néanmoins la caractéristique aléatoire des précipitations annuelles et les sécheresses imprévisibles et sévères viennent souvent aggraver la situation de l'agriculture algérienne, qui connaît un déficit fourrager énorme, où les animaux sont souvent soumis à des périodes de disettes alimentaires fréquentes (**Abdelguerfi, 1994**). Le stress hydrique se traduit chez la plante par une série de modifications qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques, à partir du moment où les besoins en eau de la plante sont supérieurs aux quantités disponibles.

Les terres consacrées à la production fourragère en Algérie couvrent 33 millions d'hectares. Les cultures fourragères occupent seulement 1,6% de cette superficie alors que la jachère représente 10,6%, les pacages et parcours 87,7% et les prairies naturelles 0,1% (**Nedjraoui, 2003**). Les cultures fourragères occupent une place relativement réduite dans l'alimentation du cheptel et l'essentiel des ressources provient des parcours, des jachères et des sous-produits agricoles. Le cheptel reste en grande partie soumis aux aléas climatiques et sa production est, le plus souvent, très peu maîtrisée (**Abdelguerfi, 2002**). Les fourrages cultivés sont composés de prairies essentiellement de vesce avoine avec 70% de la surface cultivée, 10% sont affectés aux céréales, orge, avoine, seigle. La luzerne et le sorgho sont peu représentés (1 à 5% de la superficie cultivée) (**Abdelguerfi, 1987**).

Parmi les différents stress environnementaux, la sécheresse est la contrainte environnementale qui cause certainement le plus de dommages dans les productions agricoles. En effet, selon **Trinchant et al, 2004**, Chaque année, les surfaces perdues à cause des stress hydrique et salin varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. Dans les zones arides et semi-arides, une grande hétérogénéité des formes de sécheresse sont rencontrées (**Annerose et Oléag, (1991)**). La seule observation des variations pluriannuelles des rendements observés chez l'espèce ne permet pas de déterminer précisément les formes de réactions qu'elle développe. L'analyse doit alors être complétée par une

meilleure compréhension des mécanismes de fonctionnement de la plante ; dans le but de déterminer les mécanismes physiologiques et morphologiques d'adaptation à la sécheresse (Levitt *et al*, 1960).

Selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique (Bennaceur *et al*, 2001), biochimique (Grennan, 2006) et minéral (Martinez *et al*, 2007). Ainsi, les plantes réagissent à ce stress, soit pour disparaître ou déclencher des mécanismes de résistance. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à la contrainte (Munns *et al*, 2006).

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

Parmi les espèces que renferme le genre *Lolium*, trois sont considérées comme les plus importantes cultures fourragères dans les zones tempérées en l'occurrence, *Lolium rigidum* Gaud, *Lolium multiflorum* et *Lolium perenne* (Breese et Tyler, 1988).

Ionesco et Houerou (1973) ont classé *L. rigidum* Gaud parmi les espèces steppiques de Tunisie les plus appréciées avec un indice d'appétibilité de 4 ou 5 à revoir. Cette espèce, également annuelle, est typiquement méditerranéenne. Elle occupe une importante place parmi les graminées pastorales des zones semi-arides et se distingue par sa très importante particularité d'auto-réensemencement (Franca *et al*, 1998). C'est dans l'objectif de caractériser une espèce à intérêt pastoral et/ ou fourrager vis-à-vis du stress hydrique que nous avons entrepris cette étude sur quelques populations du genre *Lolium*. *L* toutes originaires des steppes centrales algériennes. À cet effet, cette espèce est devenue très fréquente dans les pâturages qui n'admettant pas les espèces vivaces et dans les associations steppiques (Lapeyronie, 1982).

I. Généralités sur les graminées fourragères

I.1 Importances des graminées fourragères

Les graminées fourragères constituent une grande part de l'alimentation animale. Il est difficile de chiffrer exactement les surfaces couvertes par chaque espèce de graminée car elles s'utilisent souvent en mélange, fréquemment en association avec des légumineuses. Cependant, les surfaces en multiplication de semences de chaque espèce peuvent donner une bonne idée de l'importance relative des surfaces à usage fourrager et gazon. Les principales espèces multipliées en France sont le ray-grass anglais, la fétuque élevée, le ray-grass d'Italie et le dactyle (**Anonyme, 2003**) (**tableau I.1**).

Tableau I.1 : Espèces de graminées et surfaces (ha) en multiplication en 2003. (**Anonyme, 2003**).

Espèces	Noms Latins	Fourrages (ha)
Ray-grass anglais	<i>Loliumperenne</i>	3400
Fétuque élevée	<i>Festucaarundinacea</i>	1580
Ray-grass d'Italie	<i>Loliummultiflorum</i>	3160
Dactyle	<i>Dactylis glomerata</i>	1900
Fétuques rouges	<i>Festucarubra</i>	/
Ray-grass hybride	<i>Loliumhybridum</i>	970
Fétuque ovine	<i>Festucastricta</i>	/
Pâturin des prés	<i>Poapratensis</i>	/
Brome	<i>Bromuscatharticuset</i> <i>B. sitchensis</i>	75
Fétuque des prés	<i>Festucapratensis</i>	46
Agrostide	<i>Agrostis sp</i>	/
Fléole des prés	<i>Phleumpratense</i>	03

Aux Etats-Unis, la fétuque élevée fourragère était cultivée en 1990 sur plus de 14 millions d'hectares sur lesquels pâturait plus de 70% du cheptel bovin (**Fribourg et al, 1991;Stuedemann et Hoveland, 1988**).

En 2000 on comptait en France environ 10 millions d'hectares de surfaces toujours en herbe peu productives, de prairies naturelles et de prairies cultivées de plus de 5 ans. Les prairies temporaires de graminées couvraient 2 millions d'hectares (**Huyghe, 2003**).

En Nouvelle Zélande et en Australie le ray-grass anglais est la graminée la plus utilisée pour les prairies, recouvrant respectivement 10 et 5 millions d'hectares dans chacun de ces pays (**Van Heeswijcket Mc Donald, 1992**).

I.2. Morphologie

Les graminées fourragères ont une morphologie très homogène : elles possèdent une tige creuse cylindrique à feuilles allongées, engainantes, avec des inflorescences en épis ou en panicules,

composées de petites fleurs verdâtres disposées en épillets (**fig. 1**). Ces graminées sont capables de produire une importante couverture végétale grâce à leur faculté à former de nombreuses pousses, ou talles. Ce phénomène caractéristique est dû à la différenciation en fin d'hiver de bourgeons situés au niveau du plateau de tallage, qui produisent de nouvelles talles. La pérennité de ces graminées est assurée par des bourgeons restés latents situés à la base des tiges fertiles ayant terminé leur cycle évolutif. Ces bourgeons entrant en croissance après la floraison, amorcent un nouveau cycle devant se terminer l'année suivante (**Moule, 1980**).

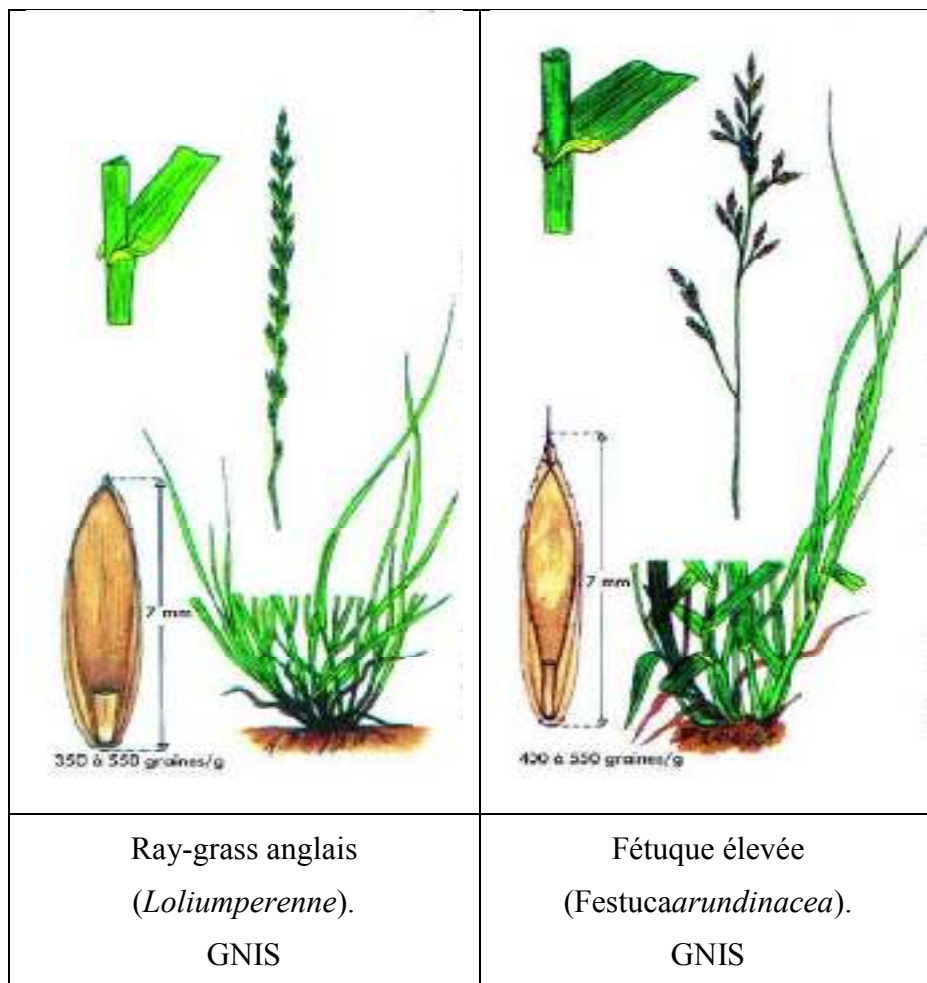


Figure I.1 : Morphologie des deux graminées les plus cultivées en France. (**Moule, 1980**).

I.4. Les maladies des graminées

Quelques mycoses sont particulièrement fréquentes sur le feuillage des graminées fourragères : les rouilles, notamment les rouilles noire (*P. graminis*), couronnée (*P. coronata*) et jaune (*P. striiformis*), les helminthosporioses (*Drechslera* spp.) la mastigosporiose (*Mastigosporium* spp.), la rhynchosporiose (*Rhynchosporium* spp.) et la scolécotrichose (*Scolecotrichum graminis*) qui forment des pustules ou des taches sombres sur les limbes des différentes espèces. Parallèlement à ces maladies qui peuvent être traitées en production de semences par des fongicides appropriés, les maladies des

inflorescences tout aussi présentes, l'ergot (*Claviceps purpurea*) et la quenouille (*Epichloetypina*), ne sont à ce jour pas maîtrisées (Raynal *et al*, 1989). Ces maladies ne constituent pas un problème pour les fourrages du fait que les plantes sont coupées avant de monter à graines mais elles peuvent être un réel inconvénient dans les cultures porte-graine. Il est important de noter que les genres *Festuca* et *Lolium* sont fréquemment les hôtes de champignons appartenant au genre *Neotyphodium* qui ne sont pas pathogènes mais symbiotes.

II. Le genre *Lolium* L.

II.1. Historique et Classification de *Lolium* L. d'Algérie

Connu communément sous le nom de ray-grass, le genre *Lolium* est représenté, en Algérie, par six espèces et sous-espèces (Quezel et Santa, 1962-1963). Parmi les espèces que renferme le genre *Lolium*, trois sont considérées comme les plus importantes cultures fourragères, *Lolium rigidum*, *Lolium perenne* et *Lolium multiflorum* (Breese et Tyler, 1988).

La première classification du genre *Lolium*, basée sur la présence ou l'absence de l'arête, a été établie en 1753 par Linnaeus dans « the species Plantarum » édition (loos et Jarvis, 1992).

Pour la classification taxonomique de *Lolium* d'Algérie, nous avons considéré les travaux de Battandier et Trabut (1895), Maire (1955), Quezel et Santa (1962-1963). Chacun de ces auteurs a établi sa propre clef dichotomique, mais les mêmes caractères sont utilisés dans chacune des classifications.

Battandier et Trabut (1895) reconnaissant 3 espèces seulement dans le genre avec 5 sous espèces.

1. *Lolium perenne*. L.
 - ✓ *ssp italicum*. Braun.
2. *Lolium multiflorum*. Lamk.
 - ✓ *ssp rigidum*. Gaudini.
 - ✓ *ssp tenue*. Guss.
 - ✓ *ssp leptoroides*. Boiss.
3. *Lolium temulentum*. L.
 - ✓ *ssp speciosum*. Stev.

Dans la région de Constantine, Julien (1894) identifie deux autres espèces, la première *Lolium italicum* (Braun) classée précédemment comme sous-espèce de *Lolium perenne* et la seconde *Lolium strictum* Presl.

1. *Lolium perenne* L.
2. *Lolium italicum*. Braum.
3. *Lolium multiflorum*. Lamk.
4. *Lolium structum*. Presl.
5. *Lolium temulentum*. L.

Maire (1955) divise à l'extrême le genre en inscrivant plusieurs variétés et formes et en classant *Lolium rementum* et *Lolium rigidum* comme deux nouvelles espèces. Cette dernière est identifiée par **Battandier et Trabut (1895)** comme une sous-espèce de *Lolium multiflorum* Lamk. Par ailleurs, *Lolium italicum* qui est considéré comme espèce par **Julien (1894)** et comme sous-espèce par **Battandier et Trabut (1895)**, figure dans cette classification comme sous-espèce de *Lolium multiflorum*.

La classification de **Quezel et Santa (1962-1963)** est analogue à celle de Maire qui distingue également 5 espèces mais sans aucune division, sauf pour *Lolium temulentum* qui comporte deux sous-espèces.

Lolium rigidum. Gaudini

Lolium multiflorum. Lamk.

-ssp. italicum. A. Braum, Shinz et Keller.

-ssp. Gaudini. Parl, Shinz et Keller.

Lolium temulentum. L.

Lolium remotum. Shrank.

II.2. Classification du genre *Lolium*

Lolium L est une graminée appartient à famille des *Poaceae*, d'après **Coste (1899-1906)** l'espèce est classée comme suit:

Embranchement :	Spermatophytes
Sous – embranchement :	Angiospermes.
Classe :	Monocotylédones.
Sous – classe.....	Commelinidees.

Ordre:..... Poales.
Famille:..... *Poaceae*.
Sous-famille :..... *Pooideae*.
Tribu:..... *Poeae*.
Genre :..... *Lolium*.
Espèce :..... *LoliumrigidumGaudini*.

II.3. Présentation botanique du genre *Lolium*. L.

Les principaux caractères distinctifs employés dans la description de l'espèce, sont représentés dans le tableau et portent sur :

- ✓ La longueur du chaume et de l'épi.
- ✓ La durée de vie.
- ✓ La longueur et forme des fleurs, des épillets et des glumes.
- ✓ L'arrestation des lemmes.
- ✓ Nombre de fleurs/épillet.
- ✓ Longueur, largeur et aspect des feuilles.
- ✓ Longueur de la ligule et hauteur du plant.

La synthèse est établie à partir des observations de quelques auteurs: **Coste (1937), Bonnier (1940), Maire (1955) et Hubbard (1**

II.4. Aire de répartition, caractéristiques édapho-climatiques et origine génétique des espèces appartenant au genre *Louim. L.*

II.4.1. *Loliumrigidum*

Selon **Maire (1955)**, cette espèce est également très commune dans le Nord, commune dans le Tell, les Aurès, l'Atlas saharien, sur le littoral, et répandue dans les plaines et les montagnes jusqu'à l'Anti-Atlas (Maroc). Elle est rencontrée dans les forêts claires, broussaille, pâturages, steppes, falaises et dunes littorales, dans les plaines et les montagnes des régions désertiques.

L'espèce *Loliumrigidum* qui ne s'élève pas à une altitude importante (**Bonnier, 1940**) est originaire de la contrée Méditerranéenne. Elle préfère les terrains sablonneux, les jachères, les vignobles, les endroits engazonnés ainsi que les céréales alors qu'en Europe elle est rare en tant que graminée adventice de ces cultures (**Behrendt et Hanf, 1979**).

Jauzein (1995) la mentionne également comme étant une espèce méditerranéenne. **Whyte et al, (1959)** précisent cette particularité et signalent qu'elle peut évoluer facilement dans les zones recevant de 300 à 600 mm de pluie par an.

II.4.2. *Loilumperenne L*

A Constantine, **Julien (1894)** a découvert l'existence de *Loilumperenne* sur les bordures des routes et les lieux vagues. En Algérie, **Maire (1955)** indique son importante répartition dans le Nord et le Centre, elle est commune dans le Tell, les Aurès et dans et dans les montagnes jusqu'à l'Anti-Atlas ; mais plus rare dans l'Atlas saharien. Le même auteur a signalé sa présence dans les clairières des forêts, broussailles, pâturages et plaines et son évolution dans les régions arrosées et parfois dans les stations humides des régions semi-arides jusqu'au 2500 mètres d'altitude.

Bereeseet Tyler (1988), confirment l'adaptation de *Loilumperenne* au climat tempéré humide et doux et aux sols humides, riches et assez lourds en précisant sa capacité de s'ajuster à des fertilités variées. Selon **Lapeyronie (1982)**, certains écotypes Tunisiens se maintiennent sous des pluviosités à peine supérieure à 400 mm

II.4.3. *Loliummultiflorum*

En Algérie, *Loliummultiflorum* est une espèce répandue dans les forêts claires, broussailles, pâturages, lieux humides des régions bien arrosées et semi-arides. Elle existe en plaine et dans les montagnes jusque vers 2000 mètres d'altitude. La présence de cette espèce dans les oasis a été signalée auparavant par **Maire (1933)**, précisément dans l'oasis d'Aoulef.

II.4.4. *Lolium temulentum*

Lolium temulentum ou Ivrai est archéophyte (Maire, 1955), ce qui signifie une plante très anciennement introduite et naturalisée. Cette espèce qui évolue sur des sols secs et riches (sablo-limoneux à sableux-légers), est rencontrée particulièrement dans les champs de céréales et terrains incultes (Behrendt et Hanf, 1979).

II.4.5. *Lolium remotum*

Cette espèce est très voisine du *Lolium temulentum*, elle est connue comme étant adventice dans les champs de lin (Maire, 1955).

Coste (1937) qui l'a également signalé dans les champs de lin, a fait remarquer qu'elle devient de plus en plus rare à mesure que disparaît la culture de celui-ci.

L'espèce *Lolium remotum* comme *Lolium temulentum* préfère les sols secs (Jauzein, 1995).

Tableau II.3 : Pérennité, nombre chromosomique, système de reproduction et répartition géographique des espèces du genre *Lolium* L.

Espèces	Pérennité	Nombre chromosomique	Système de reproduction	Répartition géographique des espèces
<i>Lolium rigidum</i>	Annuelle	2n=14	Allogame	Sous climat typiquement méditerranéen, sud Europe, Maroc, Egypte. (1)
<i>Lolium perenne</i>	Pérenne	2n=14	Allogame	Europe de l'ouest, Asie de l'est, Méditerranée. (1)
<i>Lolium multiflorum</i>	Annuelle ou bisannuelle	2n=14	Allogame	Ouest et sud Europe. Nord Afrique, Moyen orient. . (1)
<i>Lolium temulentum</i>	Annuelle	2n=14	Allogame	Presque toute l'Europe (excepté le nord), nord d'Afrique, région tempérée de l'Asie, introduit au nord et sud Amérique et Australie. (1)
<i>Lolium remotum</i>	Annuelle	2n=14	Autogame	Même répartition que <i>Lolium temulentum</i>

1. ZwierzykoxskietNaganowska (1996)

2. Terrell (1968)

II.5. Importance de la plante

Franca et al, (1993) ont signalé son importance de cette dans la sélection des populations à port érigé ou étalé. Le nombre de graines par épillet varie également entre les populations de *Lolium rigidum*. Ce critère qui est étroitement lié au rendement en grain (**Franca et al, 1993, Nguyen et Sleper, 1983**) est le fondement pour la sélection des variétés destinées à la l'amélioration des pâturages et des zones marginales méditerranéennes (**Franca et al, 1993**).

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

Cette espèce à une grande variabilité génétique lui permet de s'adapter à différents environnements. (**Cooper, 1954**), il a une grande plasticité phénotypique qui lui permet de reproduire dans des conditions défavorables.

III. La tolérance des plantes à la sécheresse

III.1. terminologie de la sécheresse

D'après **Casals (1996)**, la sécheresse peut être définie correctement en considérant la disponibilité et les besoins en eau de la plante.

La plante est atteinte au cours d'une campagne de culture, de façon plus ou moins prononcée, par le manque d'eau (**Casals, 1996**). Elle subit par conséquent un stress hydrique. Si la plante est apte à maintenir l'intégrité de ses structures et de ses fonctions physiologiques, alors nous définissons la plante comme résistante à la sécheresse.

En Agronomie, la résistance de la plante est définie comme l'aptitude à minimiser la perte de croissance et de rendement. La résistance à la sécheresse est définie de différentes manières, ce qui explique l'existence de plusieurs classifications (**Levitt, 1980 ; Turner, 1979**).

L'installation d'une sécheresse se manifeste par la combinaison d'une part, de la restriction de la disponibilité en eau du sol et, d'autre part, de l'augmentation de la demande évaporatrice (**Kiani, 2007**).

Généralement, la sécheresse du sol est lente (**Larcher, 1995**), mais la diminution de l'humidité de l'air peut parfois être rapide.

L'effet de la sécheresse dépend de son degré, sa durée, le stade de développement de la plante, le génotype et son interaction avec l'environnement (**Yokota et al, 2006**).

III.2. L'eau dans la plante

L'eau est la ressource naturelle qui limite le plus les rendements en agriculture (Boyer,1982). Au niveau des hautes plaines semi-arides d'Algérie, la sécheresse est souvent le facteur principal qui affecte la production du blé (Larbi *et al*, 1998).

En effet, l'eau est le constituant pondéral le plus important des végétaux (50 à 90% de leur masse de matière fraîche). Elle est le milieu dans lequel a lieu la quasi-totalité des réactions biochimiques; elle joue le rôle de solvant, substrat et de catalyseur. Par la pression qu'elle exerce sur les parois, l'eau permet la turgescence cellulaire qui est indispensable au port érigé des plantes herbacées et à l'expansion cellulaire dans les tissus en croissance. La turgescence est également à la base des mouvements des organes (feuilles, étamines) et des cellules (stomates). A l'échelle de l'organisme, l'eau permet de véhiculer les substances nutritives, les déchets du catabolisme et des phytohormones (Martre, 1999).

La richesse en eau des plantes est variable selon les espèces, les organes et les milieux de vie. En effet, une salade peut contenir 90 à 93% d'eau, une feuille est composée souvent de 80 à 90% d'eau et le bois fraîchement coupé peut en contenir 30 à 50 % d'eau (Leclerc, 1999). Il faut 1 500 litres d'eau pour obtenir 1 Kg de blé, 500 litres d'eau pour 1 Kg de maïs et 4 500 litres d'eau pour 1 Kg de riz (Bernard,2006).

Le stress hydrique affecte plusieurs variables de fonctionnement de la plante, telles que la température foliaire (Wiegand *et al*, 1983; Patel *et al*, 2001; Luquet *et al*, 2004), la conductance stomatique (Penuelas *et al*, 1992; Yagoubi, 1993), la photosynthèse (Idso *et al*, 1981; Moran *et al*, 1994; Yuan *et al*, 2004) et la surface foliaire (Penuelas *et al*, 1992).

Une diminution de la teneur en l'eau de la plante se traduit immédiatement par une réduction de la croissance en dimension avant même que la photosynthèse ne soit affectée (Turner, 1997).

D'après Amigues *et al*, (2006), à l'échelle annuelle, les conséquences d'une sécheresse dépendent de sa période de démarrage (par rapport au stade cultural) et de sa durée d'action. Les effets observés au champ le plus souvent sont:

- ✓ Une levée incomplète et irrégulière (en vagues): défaut de peuplement plus grave pour les cultures qui ne se ramifient pas (betterave, tournesol...), hétérogénéité dans les stades phénologiques jusqu'à la récolte.

- ✓ Une implantation racinaire médiocre et superficielle: couverture du sol retardée, carences précoces, sensibilité à la sécheresse de fin de cycle.
- ✓ Un défaut ou un retard de mise en solution des engrais (azotés) et des pertes par volatilisation
- ✓ Un défaut de prélèvement du nitrate dans les horizons superficiels, qui sont les plus Concentrés et les plus sensibles à la sécheresse édaphique
- ✓ Une réduction de la surface foliaire, de la biomasse aérienne et des organes fructifères, en raison d'un défaut de transpiration et d'une carence azotée.
- ✓ Une sénescence accélérée et un défaut de remplissage du grain (ou une réduction de calibre des fruits)
- ✓ Des conséquences variables sur la qualité du grain ou du fruit.

Les rôles multiples assurés par l'eau au sein des plantes en font le premier facteur limitant leur fonctionnement. Parmi ces rôles, nous pouvons citer :

- ✓ L'eau contribue au maintien de la structure de la cellule et en particulier de la structure colloïdale du cytoplasme.
- ✓ Elle est le siège des réactions métaboliques. Elle intervient dans les réactions métaboliques comme l'hydrolyse ou la photosynthèse, elle est donc en ce sens un aliment pour le végétal.
- ✓ Elle permet la turgescence des cellules et par là même des tissus et des organes.
- ✓ Elle véhicule les nutriments minéraux et les produits du métabolisme.
- ✓ Par son rejet dans l'atmosphère sous forme de vapeur, elle emprunte à la plante sa chaleur latente de vaporisation. Elle permet à celle-ci d'être supportée par les rayonnements solaires et les divers échauffements climatiques.
- ✓ Elle permet le déplacement des anthérozoïdes chez les Thallophytes, les Ptéridophytes, les Bryophytes et les Préspermaphytes(Laberche, 2004).

III.3. Effet de la sécheresse sur le comportement physiologique

III.3.1.Effet de la sécheresse sur la production

Des relations positives, de type linéaire, sont observées entre le volume de la production et l'eau consommée (Freeman et Kliewer, 1983 ; Bravdoet al, 1984 ; 1985; Jackson et Lombard, 1993). Cependant, l'effet d'un apport d'eau par l'irrigation sur la qualité sont parfois contradictoires entre ces études, et ce en fonction de l'objectif à atteindre concernant la taille de la baie et la richesse en sucre pendant un délai bien déterminé au cours de la phase de maturité du raisin. La période de sensibilité maximale à la sécheresse correspond à celle comprise entre la floraison et la véraison, et en particulier durant la phase de nouaison et de multiplication cellulaire lorsque les baies sont vertes ; de

la véraison à la maturité représente aussi une période de grande importance, des points de vue physiologique et technologique de la maturité de raisin. Pendant la première phase, c'est le nombre de fleurs nouées et de cellules par baie qui est fortement affecté si le déficit hydrique est subi en cette période (**Petrie et al, 2004**). La plupart des études attribuent à la disponibilité en eau une action déterminante sur la production des raisins par diminution de la surface assimilatrice de la plante caractérisée par l'indice foliaire (LAI, ratio de la surface foliaire sur la surface au sol) (**Lebon et al., 2006**), ainsi que sur la durée de fonctionnement de cette surface foliaire (**Shultz et Matthews, 1993**) et enfin sur le taux d'assimilation de carbone des feuilles qui est étroitement associé au fonctionnement photosynthétique (**Alleweldt et Rühl, 1982 ; Patakas et Noitsakis, 2001**).

III.3.2. L'effet de la sécheresse sur la nutrition minérale

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

III.3.3. Effet du stress hydrique sur la surface assimilatrice

Le développement végétatif de la vigne cultivée sous conditions limitantes d'alimentation hydrique est fortement perturbé (**Chaves et al, 2002. Lebon et al., 2006**). On note principalement une diminution importante de la taille et de la surface foliaire (**Lebon et al, 2006**). La réduction de la surface foliaire peut provenir d'une diminution de l'expansion foliaire et/ou d'une sénescence accélérée de la feuille. La croissance foliaire est stoppée très rapidement par un déficit hydrique, puisqu'elle intervient à des potentiels hydriques de turgescence de -0,4 MPa (**Kramer et Boyer, 1995**). Au niveau cellulaire, deux facteurs sont déterminants sur la croissance : l'extensibilité de la paroi et sa turgescence. L'extensibilité de la paroi ne dépend pas uniquement de ses propriétés élastiques, mais également de phénomènes biochimiques impliqués dans les processus de relaxation de celle-ci ; ces derniers sont souvent diminués lors d'un déficit hydrique (**Matthews et Boyer, 1984 ; Cosgrove**

1993). Il existe une valeur seuil de turgescence cellulaire, conditionnée par l'extensibilité de la paroi, pour laquelle l'expansion est stoppée, et lorsque la contrainte est sévère, la perte de turgescence peut conduire à la sénescence foliaire. Ainsi des plantes soumises à un déficit hydrique voient généralement leur sénescence foliaire s'accélérer (Lebon *et al*, 2006), et une perte trop importante d'eau peut conduire à la mort de la cellule et à la sénescence du tissu. Cette réduction de la surface foliaire en conditions sèches diminue la surface évaporatrice de la plante et limite considérablement la production primaire. En réponse à la sécheresse, la sénescence foliaire conduit également à une allocation préférentielle des ressources vers les organes reproducteurs.

III.4. Mécanismes de résistance à la sécheresse

Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (Esquivé, évitement et tolérance) (Turner, 1986). On observe des modifications morphologiques, anatomiques, physiologiques et développementales de la plante. (Lamaze *et al*, 1994). Elles comprennent principalement une baisse du volume des nouvelles cellules, une réduction de la surface des feuilles et une augmentation de leur épaisseur, un vieillissement prématuré des feuilles matures, une élévation du rapport racine/feuille en termes de biomasse et, dans le cas d'un stress dépassant la capacité de résistance de la plante, la dessiccation et la mort de celle-ci.

L'expression de différents gènes et l'accumulation de divers osmolytes (l'ajustement osmotique) couplés à un système antioxydant efficace sont souvent les principaux mécanismes de tolérance au déficit hydrique. Plusieurs de ces mécanismes ont été caractérisés chez différentes plantes (Kiani, 2007). Les différents mécanismes adaptatifs combinés entre eux peuvent conférer aux plantes des comportements différents en situation de contraintes hydriques. L'adaptation se rapporte à des modifications de structure ou de fonction héréditaires, qui augmentent l'adéquation de l'organisme dans un environnement stressant. Les modifications morphologiques et physiologiques associées au métabolisme acide des crassulacées (CAM) sont des exemples d'adaptation (Hopkins, 2003).

III.4.1. Adaptation phénologique

Pour éviter les périodes difficiles pour la croissance et le développement, certaines variétés accomplissent leur cycle de développement avant l'installation de stress hydrique. La précocité constitue donc un important mécanisme d'évitement au stress hydrique de fin de cycle (Ben Naceuret al, 1999). Dans ces conditions, les paramètres phénologiques d'adaptation ou paramètres de précocité définissent le calage du cycle vis-à-vis des contraintes environnementales (Ben Naceuret al, 1999). La précocité assure une meilleure efficacité de l'utilisation de l'eau. En effet, en produisant la

biomasse la plus élevée, les génotypes à croissance rapide et à maturité précoce utilisent mieux l'eau disponible et ils sont moins exposés aux stress environnementaux que les génotypes tardifs (**Bajji, 1999**). Le rendement en grains est positivement corrélé à la précocité d'épiaison (**Gonzalez *et al*, 1999**).

En effet, les variétés qui ont une vitesse de croissance élevée ont la capacité de mieux utiliser les sources nutritives à la fin du cycle de développement lorsque celles-ci deviennent limitantes (**Poorter, 1989**). La précocité de l'épiaison peut donc être utilisée comme critère de sélection pour améliorer la production dans les zones sèches. C'est l'un des traits les plus importants dans l'adaptation des plantes au stress hydrique (**Ben Salem *et al*, 1997**).

III.4.2. Adaptation morphologiques

La croissance et le développement d'une plante dépendent fondamentalement de la continuation de la division cellulaire et de l'agrandissement des cellules jusqu'à la forme caractéristique de la plante (**Slatyer, 1973**). Il est établi que la division cellulaire semble peu sensible au déficit hydrique (**Salter et Goode, 1967 ; Hsiao, 1973**). En effet, alors que le nombre de cellules semble peu modifié par le stress hydrique, leur taille par contre est plus petite chez les plantes stressées que chez les témoins bien arrosés. La reprise rapide dans les organes jeunes est une autre preuve du peu de sensibilité relative de la division cellulaire au stress hydrique. La division cellulaire permet donc la conservation de la capacité des tissus à reprendre leur croissance après une période de sécheresse (**Slatyer, 1973**).

La sensibilité à l'élongation cellulaire au déficit chez certaines espèces a été montrée par des travaux sur le maïs. L'élongation cellulaire chez cette céréale diminue rapidement et s'arrête pour un potentiel compris entre -2 et -7 bars (**Hsiao *et al*, 1970 ; Acevedo *et al*, 1971**). L'une des plus importantes conséquences de la sensibilité à l'élongation des cellules lors d'un stress hydrique est la réduction marquée de la surface foliaire qui diminuera la croissance de la plante surtout durant les premiers stades de développement. Chez certaines espèces cultivées, il est montré qu'à certains stades physiologiques donnés, spécialement pendant la floraison et la formation du fruit, la croissance racinaire est retardée ou arrêtée (**Salter et Goode, 1967**). Lorsque la croissance des racines est réduite, le taux d'absorption d'eau par la plante devient encore plus dépendant du flux d'eau à travers le sol vers la surface racinaire. Dans ce cas, un stress sévère atteindra plus rapidement la plante surtout quand les racines existantes de celle-ci colonisent un petit volume de sol. L'activité réduite des racines au cours de la formation des organes reproductifs pourrait expliquer l'effet bénéfique de l'irrigation durant cette période. Dans certains cas, le déficit hydrique semble augmenter la croissance racinaire non seulement par rapport aux parties aériennes mais aussi dans l'absolu (**Hsiao et Acevedo, 1974**).

III.4.3. Adaptation physiologique

III.4.3.1. la capacité photosynthétique

Lors d'un déficit hydrique, l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse et la conductance stomatique sont affectées (**Lowlor, 2002 ; Lowlor et Cornic, 2002**). La réduction de la photosynthèse, liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, est supposée dépendre à la fois de la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance à la diffusion du CO₂ et d'une limitation biochimique du chloroplaste à fixer le CO₂ (**Tardieu et Simoneau, 1998 ; Escolana et al, 1999 ; Flexas et Medrano, 2002**), probablement associée à la régénération limitée du Ribulose Biphosphate, substrat du cycle de Calvin (**Gimenez et al. 1992**). Ainsi le cépage Sangiovese montre une réduction de 35% de l'activité photosynthétique suite à une diminution du potentiel hydrique de -1,0 MPa à -1,5 MPa (**Poniet et al, 2007**).

La conductance stomatique diminue lors de l'abaissement du potentiel hydrique. Le contrôle de la régulation stomatique fait intervenir la turgescence cellulaire mais également des messagers racinaires, comme l'acide abscissique (ABA) (**Davis et al. 1994 ; Sauter et al, 2001**). Généralement, au champ, une période sèche a des effets en premier lieu sur l'état hydrique de la plante, avant même celui du sol (**Kramer et Boyer, 1995**). Même pour des plantes bien alimentées en eau, une diminution du potentiel hydrique foliaire à la mi-journée est souvent observée au champ, lorsque la journée est chaude et ensoleillée. Dans une telle situation, l'altération de l'état hydrique de la feuille peut conduire à augmenter la sensibilité des stomates à l'ABA (**Tardieu et al. 1993 ; Sauter et al, 2001**). La turgescence cellulaire intervient quant à elle de manière plus ou moins directe au niveau du chloroplaste : directement par le maintien du volume du chloroplaste (**Gupta et Berkowitz, 1987**), et indirectement, par son effet sur l'ouverture stomatique, qui en contrôlant la conductance au CO₂, conditionne l'utilisation de l'énergie photochimique (ATP, NADPH) dans le chloroplaste. La non-utilisation de cette énergie peut induire ou exacerber des phénomènes de photo-inhibition. Ceux-ci se traduisent par la diminution, plus ou moins rapidement réversible, du potentiel photochimique, liée à l'activation des mécanismes de dissipation de l'énergie, et/ou à la destruction proprement dite des photosystèmes II (PSIIs).

III.4.3.2. La teneur en chlorophylle

Sous un stress hydrique, une diminution de la teneur en chlorophylle est remarquée chez le blé dur (**Bousba et al, 2009**). Pour limiter les pertes en eau par évaporation et aussi l'augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse, l'économie de l'eau se

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

III.4.3.3. L'ajustement osmotique

Le stress hydrique provoque la mise en place d'un état de régulation hydrique de la plante qui se manifeste par la fermeture stomatique et par une régulation du potentiel osmotique (Brisson *et Delecolle*, 1992). L'ajustement osmotique est généralement considéré comme un élément important dans la tolérance des plantes au stress hydrique (Bajji *et al.*, 2001). Cet ajustement implique l'accumulation, au niveau cellulaire, des sucres, d'acides aminés (exemple : la proline), d'ions ou d'autres solutés compatibles (c'est-à-dire non toxiques) (Nouri *et al.*, 2002).

L'accumulation d'osmolites permet de créer un influx d'eau dans la cellule tout du moins d'éviter un flux, en augmentant la force de rétention des molécules d'eau (Crowe *et al.*, 1992). Le maintien de cette quantité d'eau permet ainsi de conserver la turgescence nécessaire à la croissance des cellules. Il semblerait que cette accumulation d'osmolites soit reliée au maintien de l'intégrité des protéines et des membranes (Crowe *et al.*, 1992).

Kumar *et Dubey*, (1999) ont par exemple montré que lors d'un stress hydrique l'accumulation d'osmolites semblerait aussi reliée à la protection des cellules contre les espèces activées de l'oxygène. Cependant, une augmentation d'osmolites n'est pas toujours reliée à une augmentation de la tolérance (Maggio *et al.*, 1997). Chez la plupart des végétaux, les métabolites impliqués dans cet ajustement sont assez variés. Des études menées sur l'osmorégulation indiquent que les acides aminés libres peuvent jouer un rôle significatif dans ce processus (Tahri *et al.*, 1997). Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente l'une des manifestations les plus remarquables du stress. Les sucres aussi ont été considérés par plusieurs auteurs comme des bons osmorégulateurs qui peuvent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique et l'adaptation des plantes au stress hydrique (Cai *et al.*, 2007). Les composés inorganiques peuvent aussi avoir un effet dans la régulation osmotique et dans la tolérance au stress hydrique. Il semblerait même que ce type de molécule soit plus efficace que les composés organiques (Hare *et Cress*, 1997).

III.4.3.4. Fonctionnement stomatique

Les feuilles ferment leurs stomates dès qu'elles sentent une augmentation de la pression de vapeur de l'air, (Assmann *et al*, 2000).

La fermeture stomatique et l'inhibition de la croissance sont des réponses précoces à la sécheresse, protégeant ainsi les plantes d'une perte d'eau assez considérable, qui peut donner lieu à une déshydratation cellulaire et par la suite la cavitation du xylème et la mort de la plante. Cette réponse est commune et peut résulter d'une déshydratation aussi bien des parties

aériennes que des parties souterraines (Schulze, 1986; Chaves, 1991), l'ouverture et la fermeture des stomates résultent d'un changement dans la turgescence des cellules de garde relativement aux cellules épidermiques. L'énergie métabolique et les changements dans la perméabilité membranaire sont aussi impliqués. Les mécanismes détaillés de la réponse à la sécheresse ne sont pas faciles à rationaliser parce qu'à n'importe quel moment, les stomates répondent à une série complexe de facteurs rangeant l'intensité lumineuse, la concentration de CO₂ et l'état hydrique foliaire. (Schulze, 1986; Chaves, 1991).

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique (Djekoun et Planchon, 1992). Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse. Ainsi, les géotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress hydrique présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau (photosynthèse/transpiration) plus élevée et une plus grande capacité de survie (Ykhlef, 2001).

L'augmentation du nombre de stomates par unité de surface pourrait être un des facteurs de résistance au stress hydrique chez les céréales si elle est accompagnée par une bonne activité physiologique (Slama, 2002). L'accroissement de la densité stomatique peut augmenter l'assimilation nette du CO₂ et diminuer la perte en eau. En effet, un nombre élevé de stomates peut engendrer des stomates de petite taille et à fermeture rapide (Djekoun et Ykhlef, 1996). Erchidi *et al*, 2000) qui ont constaté que les variétés ayant une conductance et une densité stomatique élevée sont plus résistantes au stress hydrique en donnant le rendement en grains le plus satisfaisant.

III.4.3.5. La capacité de récupération après un déficit hydrique

La facilité de reprise dépend de l'intensité et de la durée de la déshydratation; c'est donc un bon indicateur des dommages subis par la plante (Phamthi et Viera Da Silva, 1977).

La reprise du potentiel foliaire et de la turgescence s'effectue généralement vite (**Frank et al, 1973**). Il faut par contre attendre un à plusieurs jours pour la récupération de la photosynthèse, la transpiration l'ouverture des stomates (**Fisher et al, 1970 J Sanchez Diaz et Kramer, 1971**). Bien que certains stomates soient fermés de façon permanente (**Allaway et Man'sfield, 1970**), le post-effet majeur du stress hydrique réside dans les cellules de garde des stomates (**Allaway et Mansfield, 1970; J Jones et Mansfield, 1970**).

III.5. Rôle de la proline, des glucides et de potassium dans l'adaptation à la sécheresse

III.5.1. La proline

L'accumulation de proline est l'une des stratégies adaptatives fréquemment observées chez les plantes pour limiter les effets du stress hydrique. Elle est liée à l'osmorégulation cytoplasmique (**Acevedo et al, 1989**).

L'évolution de la teneur en proline au cours du cycle végétatif des plantes de blé dur et de blé tendre a été étudiée. L'adaptation des blés à la sécheresse s'est caractérisée par une accumulation en proline libre des feuilles. Cette accumulation est beaucoup plus marquée chez les variétés considérées comme tolérantes à la sécheresse. Chez les deux types de blé, l'élévation de la teneur en proline est plus liée à un déficit hydrique qu'à un stade végétatif particulier de la plante (**Nemmar, 1983 ; Monneveux et Nemmar, 1986**). Ces travaux confirment les résultats obtenus par d'autres chercheurs et selon lesquels les variétés qui accumulent plus de proline sont celles considérées tolérantes à la sécheresse.

L'étude de l'accumulation de la proline chez les végétaux soumis aux contraintes mésologiques a été abordée par de nombreux auteurs et les résultats obtenus indiquent une augmentation dans la concentration de l'acide aminé proline chez les plantes exposées à différents stress. Chez les plantes soumises à un régime de stress, **Kemple et Mac Pherson (1954)**, **Barnett et Naylor (1966)**, **Hubac (1967)** et **Saint (1969)** montrent que la proline exogène appliquée aux plantules augmente leur résistance à la sécheresse.

Singh et al (1973) signalent que l'accumulation de proline chez les variétés d'orge traduit leur résistance à la sécheresse. Ces variétés accumulent plus de proline lors du déficit hydrique.

Dib et al (1991) signalent une forte augmentation de la teneur en proline chez le blé dur au début de la période de la contrainte hydrique pour diminuer après quelques jours de déficit (12 jours).

Les travaux sur le blé dur réalisés par **Adjab (2002)**, ont montré des teneurs élevées en proline surtout en cas de déficit hydrique prononcé. Ces résultats confirment ceux obtenus par **Adjab et**

Khezane (1998) ainsi que ceux obtenus par **Bammoun (1997)** qui notent une augmentation de la teneur en proline chez 13 variétés de blé dur. Cette augmentation est observée par rapport au témoin après 10 heures de stress et après 24 heures de stress. Il est toutefois constaté que l'accumulation est plus importante après 24 heures de stress.

Blum et Abercon (1976) notent chez le sorgho l'existence d'une relation entre la capacité d'accumulation de la proline et l'aptitude de récupération de la plante à l'issue du déficit hydrique, et suggèrent que l'acide aminé sert d'énergie lors du retour aux conditions normales.

Dreier (1987) rapporte que l'augmentation de la teneur en proline est une réponse protectrice des plantes à tous les facteurs qui entraînent une diminution en eau du cytoplasme. En fait, le rôle de l'accumulation reste encore mal connu. S'agit-il d'un simple symptôme de souffrance.

Les mécanismes qui permettent aux plantes d'accumuler de la proline sont encore mal connus. Des contraintes physiologiques opposées peuvent avoir les mêmes effets sur l'augmentation de la concentration en proline dans les différents organes du végétal, **Nemmar (1980, 1983)** a montré que le taux de proline augmentait sous l'action des températures élevées et des déficits hydriques sur le blé. L'accumulation de proline est plus importante chez les variétés reconnues pour leur tolérance globale à la sécheresse. **Preil (1977)**, sur tomate, a noté l'existence d'une forte corrélation entre la teneur en proline libre et le rendement. Il a été également observé chez le sorgho que l'accumulation de proline atteignait un taux maximum lors d'un déficit hydrique pour décroître et s'annuler après réhydratation (**Blum et Abercon, 1976**). Chez l'orge, les feuilles se dessèchent à partir d'un seuil maximum d'accumulation de proline (**Singh et al, 1973a et b ; Hanson et al 1977**). Sur le riz, la teneur en proline augmente avec l'intensité du déficit hydrique. Trois rapports de **Irri (1973, 1974, 1975)** mentionnent une plus forte accumulation de proline chez les variétés de type irrigué que chez les pluviales. Par opposition, de nombreux auteurs notent que la capacité de résistance au froid des plantes semble corrélée avec leur teneur en proline (**Benko, 1965 cité par Chu et al, 1978 ; Lesaint, 1969**). Il a été également observé que la teneur en acides aminés libres augmente avec la carence de certains éléments minéraux. Chez le maïs, une déficience en azote, en phosphore, en potasse, provoque une accumulation de proline (**Goring et Thien, 1979**). De même une carence en bore chez l'orge.

III.5.2. Les sucres solubles

D'après **Bensariet al. (1990)**, lors d'un déficit hydrique, les réserves amylacées sont progressivement utilisées et pourraient être un facteur de tolérance au manque d'eau.

Le potentiel osmotique peut être maintenu pour un stress hydrique de faible ou moyenne intensité, par ajustement osmotique. Les sucres peuvent servir de composés solubles compatibles pour

cet ajustement osmotique, comme de nombreuses autres molécules (proline, glycine-bétaïne ou pinitol). D'après **Bensarietal, (1990)** Lorsque la contrainte hydrique cesse, la feuille reconstitue les réserves d'amidon et si une nouvelle contrainte hydrique intervient, le temps d'adaptation est plus court. Beaucoup d'auteurs ont mis en évidence le rôle protecteur des sucres sur les membranes, en particulier mitochondriales. Leur présence permettrait le maintien des réactions de phosphorylation et de production d'énergie. Outre ce rôle protecteur des membranes, les hydrates de carbone protègent les processus par lesquels les enzymes sont synthétisés, ce qui impliquerait une meilleure tolérance de la plante à la dessiccation et une meilleure résistance à la sécheresse. Concernant les sucres solubles, **Dib et al, (1991)** remarquent que les variations de teneur chez le blé dur sont beaucoup plus faibles que dans le cas de la proline, et les teneurs les plus élevées sont obtenues au 12^{ème} jour de déficit hydrique.

Les résultats obtenus par **Adjab (2002)** au cours du dosage des sucres solubles effectués sur la cinquième feuille de 5 géotypes de blé dur montrent que ces derniers présentent une accumulation plus ou moins élevée.

III.5.3. Le Potassium

L'élément potassium est présent dans tous les organismes vivants sous forme d'ions K^+ . Il est indispensable à la synthèse chlorophyllienne, contrôle les échanges d'eau entre la plante et l'atmosphère, et les aide donc à lutter contre la sécheresse. (**William G.Hopkins, 2003**).

L'ion potassium exerce un rôle d'activation de nombreuses enzymes en particulier celles impliquées dans la photosynthèse et la synthèse de l'amidon ainsi que celle des protéines est également affectée par des carences en potassium. (**William G.Hopkins, 2003**)

Le potassium intervient dans certains processus physiologiques. Il peut jouer le rôle d'un stabilisateur de pH. En fait, c'est un cation très abondant dans le cytoplasme. Il équilibre les anions immobiles dans le cytoplasme, les anions mobiles dans les vacuoles ainsi que les anions mobiles dans le xylème et le phloème. De plus, il intervient dans l'accumulation des acides organiques. (**Boves et Church, 1970 ; Faust, M, 1989 ; Walter, R, et al, 1968**).

Le potassium joue également un rôle osmo-régulateur indispensable pour le maintien du statut de l'eau dans les cellules. Il intervient dans la réduction de la transpiration. L'ouverture des stomates est conditionnée par une concentration élevée en K^+ dans les cellules de garde. (**Boves et Church, 1970 ; Faust, M, 1989 ; Walter, R, et al, 1968**).

Son rôle est prédominant dans la fixation du CO_2 et dans la synthèse des protéines. Des teneurs élevées en potassium peuvent entraîner la dissociation des sous-unités ribosomiques, induisant un arrêt de la synthèse des protéines et une accumulation des acides organiques. Les teneurs élevées sont aussi

accompagnées d'une baisse de magnésium qui constitue 25 % des protéines dans les chloroplastes des feuilles. Ainsi les chloroplastes vont être affectés dans leur taille, leur structure et leur fonction, y compris le transfert des électrons dans le système II de la fixation du CO₂, étant donné que le magnésium constitue le substrat le plus utilisé par la grande majorité des ATP-ases. (Boves et Church, 1970 ; Faust, M., 1989 ; Walter, R, et al, 1968).

Il joue aussi un rôle important dans l'élongation des cellules et leur accroissement, par la formation de grandes vacuoles dans lesquelles s'accumule le K⁺, par exemple au niveau des fruits où les vacuoles occupent 90 % du volume de la cellule. Le potassium et les sucres réducteurs ont une action complémentaire pour produire un potentiel osmotique nécessaire pour l'extension des cellules (K⁺/sorbitol). (Boves et Church, 1970 ; Faust, M., 1989 ; Walter, R, et al, 1968).

Dans le cas d'une alimentation insuffisante en fer, le malte est synthétisé en grande quantité par manque de synthèse de protéines. Ces conditions entraînent la libération de K⁺ qui, à son tour, active la synthèse du malte (Boves et Church, 1970 ; Faust, M., 1989 ; Walter, R, et al, 1968).

Tableau II.3: présentation botaniques des espèces du genre *Lolium* rencontrées en Algérie.

Espèces caractères	<i>L.multiflorum</i>	<i>L.perenne</i>	<i>L.rigidum</i>	<i>L.remotum</i>	<i>L.temulentum</i>
Glume (cm)	Peuvent atteindre 1.3cm, linéaire, lancéolée, coriace(M). 7 nervures(M), 4-7 nervures (H).	0.8-1cm, linéaire, lancéolée, coriace(M). 5-9 nervures(M) , 5-7 nervures (H).	0.7-1.8cm, obtuse(M). -5-9 nervures (M)	0.7-1.1 cm(M).	Peuvent atteindre 3cm, linéaire, lancéolée (M) 7-9 nervures (M et H)
Glume/épillet	1/3,2/3 (M) ≥1/3 (B)	≤épillet (M) 1/2-3/4 (B)	3/4-1(M). Plus courte(C, B).	Presque toujours plus courte qu'épillet (M et C).	≥ épillet (B, M et C).
Lemme (cm)	0.7-1 cm (M) Membraneuse, lancéolée, ovale, oblongue (M) 0.5-0.8 cm (H) Aristée (cm)	0.6-0.7 cm (M) Membraneuse, lancéolée Obtuse ou subaiguë (M) 0.5-0.7 cm (H) Mutique (M, H et B)	0.5-0.9cm(M) Lancéolé Membraneuse, Papyracée+/-	0.4-0.5cm(M). Un peu coriace, oblongue. Mutique ou parfois à arête courte. (H, C).	0.8 cm. (M). Ovale, oblong (M). Dur, renflée, bossue(H). 0.6-0.9cm (B). 0.6-0.8cm (H). Aristée ou mutique (C M B).
Paléole/lemme	Paléole dépassant un peu lalemme (M) Paliolle=lemme (H)	Paléole presque égale à lalemme (M) Paléole=lemme (H)	Paléole=lemme. (M).	Paléole=lemme. (M).	Paléole dépassant lalemme (M) Paliolle=lemme (H)
Anthère (mm)	5-6 mm (M) 3-4.5mm(B)	3-4 mm (M, B)	/	/	3-4mm(M). 2.5mm(B)
Herbe	+/-gazonnant(M) -Innovations nulles (M.B)	Gazonnante à innovations nombreuses (M, B)	Gazonnante à innovations nulles (M, B).	/	Sans rejet feuillé à la base (B).
Pérennité	Annuelle, bisannuelle. Vivace(M). Annuelle(B).	Vivace (M)	Annuelle(M).	Annuelle(M).	Annuelle(M).
Hauteur (cm)	120-130	10-90	15-60	30-80	30-100
Feuille	Un peu rude. 6-35 cm de longueur. 1 cm de large.	Lisse ou presque lisse 3-20 cm de long 2-6mm de large	Lisse. 20cm de long. 2à6mm de large.	Rude. 2à6 mm de large.	Ferme et rude. 6-40 cm de long. 3-13 mm de large.

Tableau II.3: présentation botaniques des espèces du genre *Lolium* L.rencontrées en Algérie (la suite).

Espèces	<i>L. multiflorum</i>	<i>L. perenne</i>	<i>L. rigidum</i>	<i>L. remotum</i>	<i>L. temulentum</i>
Caractères					
Ligule [longueur (mm)]	1-2mm(H) <1mm(M)	≤ 1 mm (M) = 2 mm (H)	<1mm(M).	/	Pouvant atteindre 2 mm (M).
Epi [longueur (cm)]	20-50 cm (B). 50 cm (M). Assez lisse Très comprimé- assez rude.	4-30 cm (H). 5-20 cm (M). Aplati, assez large, lâche.	Pouvant atteindre 30 cm Grete, raide, dressé et étroit.	Grêle, Lâche et peu épais .	Pouvant atteindre 25 cm (H). 10-30 cm (H). Rigide, dressé, plus lâche
Épillet	Ecarte du rachis Étroitement lancéolé. (M)	Dressé appliqué contre le rachis(M). A peine écartée (B).	+/- opprimé contre le rachis (M).	Obovale (C)	Elliptique- Obovale (C)
Longueur épillet (cm)	Pouvant atteindre 3.5 cm (M) 0.8-2.5 cm (H).	0.7-2 cm (H)	1.5-2 cm (M).	Ne dépassant pas 9 mm (M).	/
Flours (nombre)	10-20(M) 20-25(B) 10-25 (C) 5-15(H)	3-12 (M, B). 3-10(C). 4-14 (H).	3-10(M) 3-9(B C)	4-8 (M). 3-8 (C).	/
Flours [longueur (mm)]	/	/	6-7 mm (C)	4-5 mm (C).	/

M : Maire (1955)

C : Coste (1937)

H :Hubbard (1954)

B :Bonnier (1940)

Notre essai porte sur l'étude de la tolérance à la sécheresse de l'espèce *Loliumrigidum Gaud.*

1. Matériel végétale

Le matériel végétal utilisé est constitué de cinq populations spontanées de *Loliumrigidum Gaud* d'origine locale. Issues d'une prospection réalisées en 2009 par les équipes de l'INRAA au niveau des steppes centrales algériennes.

2. Conduite et organisation de l'essai

L'essai s'est déroulé au niveau de la station expérimentale de Baraki à l'Institut National de la recherche Agronomique d'Algérie (INRAA).

3. Dispositif expérimental

3. 1. Préparation des pots et le semi

Le semis a été effectué le 31-10-2012 dans des pots en plastique de 5 Kg, avec une densité de 06 graines, sous une serre en verre. Les pots ont été remplis avec un mélange contenant 1/3 de sable, 1/3 de sol et 1/3 detourbe commerciale. A la levée, un démariage a été réalisé, en laissant deux plants parpot. Les pots sont répartis en randomisation totale avec 3 répétitions pour chaque population et trois modalités de régimes hydriques, Chaque régime est réparti à raison de 15 pots parrégime.

Tableau 4: Répartition des pots des populations du *Loliumrigidum Gaud* par randomisation totale.

	1	2	3
1	LOL3 R3	LOL2 R2	LOL5 R2
2	LOL1 R3	LOL3 R2	LOL4 R1
3		LOL5 R1	
4	LOL3 R1	LOL2 R3	
5	LOL5 R3	LOL1 R2	LOL2 R1
6	LOL4 R3	LOL1 R1	LOL4 R2

3. 2. Détermination et application des niveaux de stress

La méthode du suivi du dessèchement du sol se fait par des pesées des pots tous les jours, à partir du poids initial (Pi) correspondant à la capacité de rétention (CR) juste avant le stress, jusqu'à l'obtention du poids final (Pf) à la fin du stress. Le poids final est déterminé selon la méthode des pesées suivante : $Pf = Pi - XRU$

Les pots ont été placés sous serre, aucun apport d'engrais n'a été réalisé, ils sont irrigués régulièrement 2 fois par semaine jusqu'au stade de montaison, À ce stade le stress hydrique est appliqué par l'arrêt de l'irrigation jusqu'à l'obtention des différents niveaux de stress hydrique (80%, 50% de la capacité au champ), les quantités d'eau des différents traitements sont complétées tous jours après pesée régulière ou quotidienne des pots.

Pour calculer ces niveaux du stress hydrique (50%, 80% de la capacité au champ) par rapport à la capacité au champ du pot, nous avons pesé des pots contenant 5kilogrammes de substrat sec utilisé dans l'expérimentation, P1 (P1 = poids de sol sec). Ensuite, nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation, tout en couvrant les pots à l'aide d'un plastique noir pour éviter l'évaporation de l'eau par la surface. Après 24heures de repos, les pots sont pesés de nouveau P2 (P2 = poids à saturation). La différence entre P2 et P1 est la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité au champ des pots. On estime la capacité au champ (C.C) par l'équation suivante :

$$C.C = (P1 - P2/P2-P0) \times 100$$

✓ **La capacité au champ :**

Définition:

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

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

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

l'irrigation : la capacité intervient pour calculer la dose d'arrosage et la perméabilité pour déterminer la vitesse d'arrosage.

Pour calculer ces niveaux du stress hydrique (50%, 80% de la capacité au champ) par apport à la capacité au champ du pot, nous avons pesé des pots contenant 5kilogrammes de substrat sec utilisé dans l'expérimentation,ensuite en prend un capsule vide qui correspond P0 (Poids de capsule vide), Après nous avons remplis cette capsulepar solsec P1 (P1 = poids de sol sec). Ensuite, nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation, tout en couvrant les pots à l'aide d'un plastique noir pour éviter l'évaporation de l'eau par la surface. Après 24 heures de repos, les pots sont pesés de nouveau P2 (P2 = poids à saturation). La différence entre P2 et P1 est la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité au champ des pots. On estime la capacité au champ (C.C) par l'équation suivante :

$$C.C = (P1 - P2/P2-P0) \times 100$$

P0= 30.16 g capsule vide

P1= 61.16 g capsule remplie

P2= 53.19 g après l'étude durant une nuit.

Donc : **H cc** = $(P1 - P2/P2-P0) \times 100$

Hcc = $(61.32-53.19/53.19-30.19) \times 100$

Hcc = 27.44 %

✓ **Capacité de Rétention :**

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

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

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

P : 32.60 g capsules vides.

P_n : 83.47 g capsule remplie après centrifugation.

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

$$\mathbf{Hc} = (P_n - P_s / P_s - P) \times 100$$

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

$$\mathbf{Hc} = 29.60\%$$

Ainsi trois régimes sont retenus;

1. RégimesSDH :

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

2. Régimes MDH:

Représente le traitement moyennement stressé à partir du début de montaison jusqu'à la fin de cycle. Le stress hydrique correspond à un taux de tarissement de 50% de la réserve utile (RU). les pots sont donc irrigués, dès que le seuil de 50% du taux du tarissement est atteint.

3. RégimesADH :

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

La détermination des besoins en eau des plantes est effectuée à partir de la moyenne de l'évapotranspiration maximale des pots lysimétriques qui sont cultivées dans les mêmes Conditions que le reste des pots de l'essai. Elle consiste à effectuer un bilan hydrique entre

La quantité d'eau apportée et celle drainée au niveau de chaque pot lysimétrique :

$$\mathbf{ETM} = \mathbf{A} - \mathbf{D}$$

Pour la détermination du taux de tarissement, le principe consiste à peser régulièrement (tous les deux jours) les pots en stress à partir d'un poids initial (P_i) correspondant à la capacité de rétention jusqu'à l'obtention du poids final (P_f) correspondant au tarissement de 50% et 80% de la réserve utile en eau du sol. Le poids final est déterminé selon la méthode des pesées suivantes :

$$\mathbf{P_f} = \mathbf{P_i} - \mathbf{X RU}$$

Sachant que : $P_i = P_s + Cr$

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

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

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

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

$$P_s = P_i / 1.296$$

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

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

$$RU = 0.148P_i / 1.296$$

$$RU = 0.114P_i$$

✓ **Pour le régime MDH :**

$$P_f = P_i - 0.50 (0.114P_i)$$

$$P_f = P_i - 0.057P_i$$

$$P_f = P_i (1 - 0.057)$$

$$P_f = 0.943P_i$$

✓ **Pour le régime ADH:**

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

$$P_f = P_i - 0.0912P_i$$

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

$$P_f = 0.908P_i$$

3. 3. Les paramètres mesurés

A partir du déclenchement du stress hydrique le 14-03-2013, plusieurs paramètres ont été étudiés sur chaque population:

3. 3. 1. Les paramètres phénologiques et morphologiques

1.Le nombre de talles(NT) : Il est déterminé par comptage direct de nombre de talles (à l'exception du maître brin) de toutes les plantes / population, à partir du stade 4 feuilles jusqu'à la fin tallage.

2. **Le nombre d'épis (NE)** : Il est déterminé par comptage direct du nombre d'épis formés (à l'exception du maître brin) de toutes les plantes / population, au stade maturité.
3. **La date de début d'épiaison(NE)** :Est le nombre de jours à partir de la date de semis jusqu'au stade de l'apparition des ébauches des épis (DE). La date d'épiaison est notée lorsque 50% des épis sont sorties de la gaine de la dernière feuille.
4. **La date de début floraison(DF)** :Est le nombre de jours à partir de la date de semis jusqu'au stade de l'apparition de la première fleur (DF).
5. **La longueur de la feuille(LOF)** :Elle est exprimée en cm.
6. **La largeur de la feuille(LAF)** :Elle est exprimée en cm.
7. **La longueur de l'épi (LE)** :On mesure toutes les plantes/ population, au stade maturité à partir de la base de l'épi jusqu'au sommet de l'épillet terminal. Elle est exprimée en cm.
8. **La hauteur de la plantes(HP)** :On mesure de toutes les plantes / population, au stade maturité à partir du ras du sol jusqu'aux sommets de l'épi. Elle est exprimée en cm.
9. **Le taux de dessèchement(TS)** : Elle est exprimée en cm.
10. **La surface foliaire (SF)** : Cette mesure a été effectuée le 29-04-2013 sur un échantillon d'une feuille prise au hasard au milieu du plant. à l'aide d'un planimètre du type **AT DELTA-T DEVICES LTD** préalablement étalonné par un carré parfait de 25 cm². Elle est exprimée en cm² (**photo.4**).

3. 3. 2. Paramètres physiologiques

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

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

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

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

Le taux de chlorophylle au niveau des feuilles a été mesuré à l'aide d'une chlorophylle mètre SPAD 502 de Minolta (**Nouri, 2002**). L'appareil a la forme d'une pince que l'on tient dans la main ; il est compact et léger et entre dans n'importe quelle poche. Il mémorise jusqu'à 30 mesures, qui peuvent être affichées une à une. Les valeurs classiquement retrouvées se situent entre 0 et 50 (unités SPAD). La chlorophylle mètre est utilisé pour évaluer la teneur en azote des feuilles puisque la majeure partie de l'azote est contenue dans la chlorophylle. Il suffit de fermer la pince vide sur elle-même pour étalonner l'instrument. Par la suite, trois prises de mesure sont effectuées au niveau de la feuille sur trois différents (sommet, milieu, et base). La moyenne des trois valeurs s'affiche sur l'écran à la fin (unité SPAD). Sachant que le temps de chaque mesure est de l'ordre de deux secondes.

3. 3. 3. Paramètres biochimiques

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

- **Dosage de la proline (Pro « µg/100mg MF »)**

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique est l'un des vingt principaux acides aminés qui entrent dans la constitution des protéines. La proline est facilement oxydée par la ninhydrine ou tricéthohydrindène. C'est sur cette réaction que se base le protocole de mise en évidence de la proline dans les échantillons foliaires (**El Jaafari, 1993**). Un dosage de proline a été effectué le 23-05-2013, en utilisant la méthode de **Trolls et Lindsley, (1955)**, simplifiée et mise au point par **Rasioet al, (1987)**.

Elle consiste à prendre 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. L'ensemble est chauffé au bain-Marie à 85°C pendant 60mn. (Les tubes sont recouverts de papier aluminium pendant le chauffage pour éviter la volatilisation de l'alcool.) Après refroidissement ; on prélève 1ml d'extrait auquel il faut ajouter :

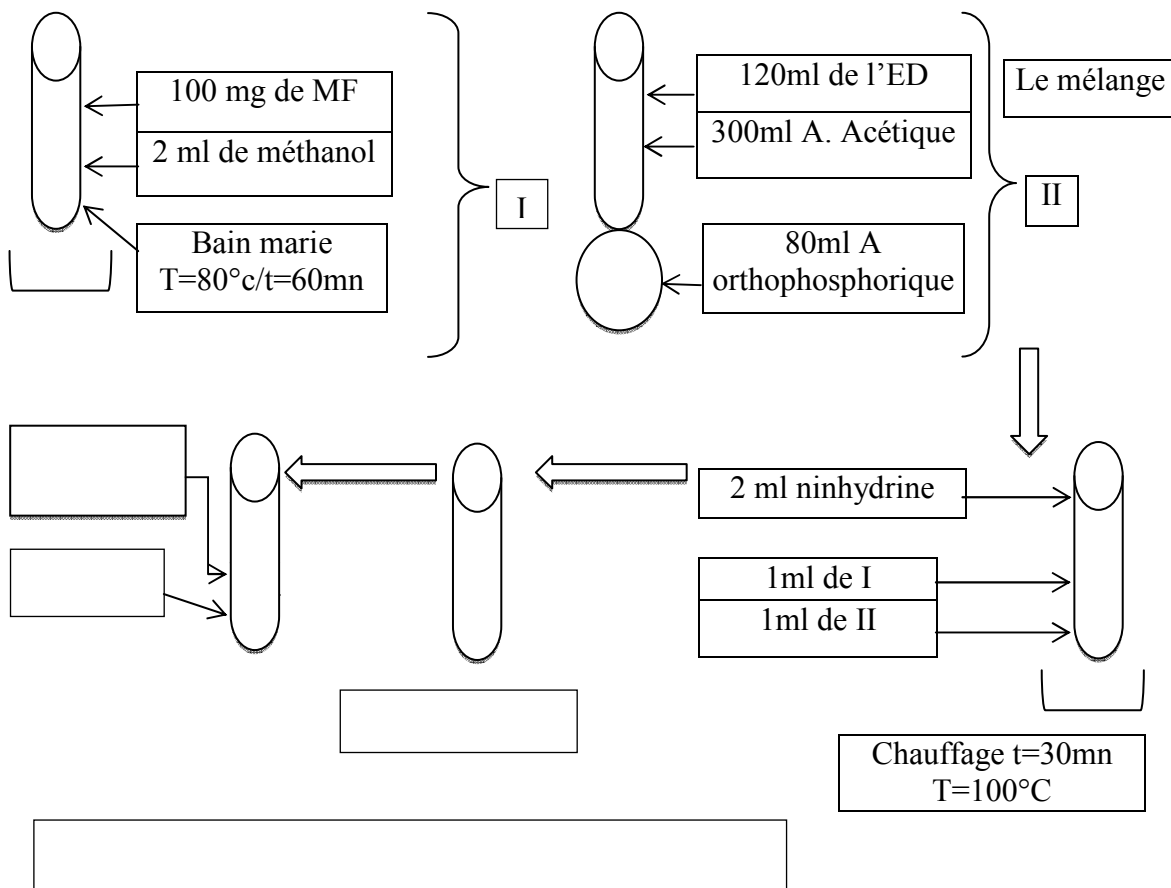
- 1 ml d'acide acétique (CH₃COOH) ;
- 25 mg de ninhydrine (C₆H₆O₄) ;
- 1 ml de mélange modifié, contenant :
 - 120 ml d'eau distillée ;
 - 300 ml d'acide acétique ;
 - 80 ml d'acide orthophosphorique (H₃PO₄) à densité de 1.7;

La solution est portée à ébullition pendant 30 mn à 100°C, la solution vire au rouge, après refroidissement, 5 ml de toluène sont rajoutés à la solution qui est agitée, deux phases se séparent (une phase supérieure à la couleur rouge contient la proline et une phase inférieure transparente sans proline). Après avoir éliminé la phase inférieure, la phase supérieure est récupérée est déshydratée par l'ajout d'une spatule de Sulfate de Sodium Na₂SO₄ anhydre (pour éliminer l'eau qu'elle contient). On soumet par la suite les échantillons à une agitation au vortex (**photo. 6**). On détermine la densité optique (Do) à l'aide d'un spectrophotomètre (type Shimadzu 20D) sur une longueur d'onde de 528nm.

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

$$\text{Proline } (\mu\text{g /g}) = \text{DO}_{528} + 0.0003/$$

Tab V. Dosage de proline



3.4 Traitement statistique

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



Photo01 : Traitement SDH **photo 02** : Traitement MDH



Photo 03 : Traitement ADH



Photos. 04 : mesure de la surface foliaire à l'aide d'un planimètre.



Photo. 05 : Mise en place de dosage de proline **Photo. 06 :** Mise en place en vortex



Photos. 07 : La lecture à l'aide de spectrophotomètre

Plusieurs mécanismes rendent compte de la capacité de survie à la sécheresse. Des expérimentations ont été réalisées sur des espèces (dactyle, luzerne) utilisées pour la production fourragère ou la protection des sols dans les milieux méditerranéens. Ces travaux mettent en évidence que la survie à la sécheresse est corrélée avec la précocité, le ralentissement physiologique de la croissance des parties aériennes, et une accumulation de proline (INRA, 2000). Les résultats obtenus dans le présent travail confirment ces travaux et expliquent le comportement général des cinq populations étudiées.

L'étude de la réponse au stress hydrique chez les cinq populations de *Lolium rigidum Gaud* testées révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. L'effet du stress hydrique est bien marqué entre le régime témoins et leurs stressés.

Nous avons étudié la réponse de ces cinq populations de *Lolium rigidum Gaud* au stress hydrique (80, 50 % de CC), par analyse comparative de quelques paramètres phénologiques, morphologiques, physiologiques et biochimiques. On a pu observer une diminution de nombre de talles et de nombre de l'épis, réduction de la surface de la feuille (la longueur et la largeur), diminution de la longueur de l'épis, réduction de la durée d'épiaison et de floraison, de la teneur relative en eau et du taux de chlorophylle totale, d'autre part, hydrique. Une forte accumulation de la proline.

Les résultats d'accumulation de la proline, permet de conclure que le stress hydrique modifie la composition biochimique des organes.

En fin, l'étude a montré que les cinq populations étudiés ont utilisé les mêmes stratégies de la réponse au stress hydrique mais avec des fréquences différentes pour quelques paramètres.

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que le déficit hydrique constitue un facteur limitant pour la culture de *Lolium rigidum Gaud*, en affectant un grand nombre de processus physiologiques, ce qui offre des possibilités de sélection de certaines populations pour une meilleure adaptation à la sécheresse. Il serait peut-être intéressant d'utiliser des techniques basées sur la description du comportement, l'analyse génétique des caractères et la recherche des marqueurs moléculaires pour une amélioration de la tolérance au déficit hydrique.

En zones arides et semi-arides, lorsque la sécheresse s'installe d'une manière intense et assez tôt, il devient difficile de l'éviter par l'emploi des variétés précoces et, à moins de disposer de la possibilité d'irriguer, le choix de cultivars tolérants face à cette contrainte revêt alors un intérêt primordial.

Perspectives

Tout en continuant d'étudier les caractères phénologiques et morpho-physiologiques qui restent importants dans la caractérisation des variétés de blé. Il importe également d'utiliser comme paramètres de sélection et d'amélioration du rendement de blé dur dans les régions sèches.

- Dans le cadre d'un travail futur, il serait souhaitable :
- D'appliquer cette étude sur plusieurs stades de cycle de vie.
- Vérifier les résultats sur champ.
- Utiliser plusieurs variétés.
- D'étudier le rendement.
- De compléter le travail par des études de biologie moléculaire pour identifier les gènes responsables.

- Abdelguerfi A, 1987.** La gestion des milieux naturels et artificiels en Algérie. Conséquences sur les ressources phytogénétiques. Ann.Inst.Nat. Agronomie El HarrachV13.1: 145-156.
- Abdelguerfi A, 1994.** About the perennial Lucerne (*M. sativa*) in Algeria. Culture, Exploitation et Sélection de la Luzerne Pérenne pour Différentes Utilisations, Lusignan (France), 4-8 septembre 1994. Publication *FAO-REUR TechnicalSeries*, 36: 18-20.
- Abdelguerfi A, 1994.** About the perennial Lucerne (*M. sativa*) in Algeria. Culture, Exploitation et Sélection de la Luzerne Pérenne pour Différentes Utilisations, Lusignan (France), 4-8 septembre 1994. Publication *FAO-REUR Technical Series*, 36: 18-20.
- Acevedo E, Hsiao T.C, et Henderson D.W, 1971.** Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiol*, 48: 631-636.
- Acevedo. E, Conesa. A. P, Monneveux. P; Srivastava.J. P, 1989.** "Physiology breeding of winter cereals for stressed mediterranean environments", *INRA Stat. Biocimatologie*, 50-66.
- Adjab. M, Khezane. S, 1998,** "Etude de l'héritabilité de la proline chez un croisement de blé dur *Triticum durum*. Desf",
- Ait Kaki Y, et Brinis S, 1997.** Tolérance au déficit hydrique chez le blé dur. Stratégie adaptative, amélioration et stabilité du potentiel génétique. *Rev. Sci et Tech.*, 178:25-31.
- Allaway W.G, et Mansfield T.A, 1970.** Experiments and observations on the after effect of wilting on stomata of *Rumex sanguineus*.- *Cano J. Bot.*, 48 : 513- 521.
- Alleweldt G. And E, Rühl 1982.** Investigations on gas exchange in grapevine. *Vitis* 21:313-324.
- Ambrosi H, Dettweiler-Munch E, Ruhl E.H., Schmid J, end F. Schuman, 1997.** Guide des cépages: 300 cépages et leurs vins. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co, 320. Amélioration des plantes. Université Badji Mokhtar Annaba, 32.
- Anonyme, 2003.** Fourragères et gazon. *Semences et Progrès* 117 : 57-65.
- Aparicio N, D. Villegas J, Casadesus, J.L. Araus and C.Royo. 2000.** Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agro. J.* 92(1): 83-91.
- Assmann S. M, Snyder J. A et Lee Y. J, (2000).** ABA-deficient (*aba1*) and ABA insensitive (*abi1-1, abi2-1*) mutants of *Arabidopsis* have a wild-type stomatal response to humidity. *Plant Cell Environ.* 23: 387-395.
- Bajji M. 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur: caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés *In vitro*. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- Bajji M, Lutts S, et Kinet J-M, 2001.** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.* 160: 669 -681.
- Bammoun. A, 1997:** "Contribution à l'étude de quelques caractères morpho-physiologiques, biochimiques et moléculaires chez 13 variétés de blé dur. 35.
- Behrnt S. Et Hanf M. 1979.** Les graminées adventices des grandes cultures. Ed BASF/ 159.
- Ben Naceur M., Gharbi M.S. et Paul R. 1999.** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*.10: 27- 33.
- Ben Salem M., Boussen H. Et Slama A. 1997.** Évaluation de la résistance à la contrainte hydrique et calorifique d'une collection de blé dur : recherche de paramètres précoces de sélection. Sixièmes

Journées scientifiques du réseau Biotech.-Génie Génétique des plantes, Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche (AUPELF /U R E F). Orsay. *Sécheresse*. 2: 75- 83.

Bensari. M, Calme. S.J et Viala. G, 1990. "répartition du carbone fixé par photosynthèse entre l'amidon et le saccharose dans la feuille de soja: Influence d'un déficit hydrique: plant physiol.Biochimie, 28, 113-124.

Bernard R,2006. L'eau et la vie. Ed. *Dauphin*. Paris : 13- 59. Biochimiques d'adaptation au déficit hydrique chez différents génotypes de blé dur *Triticum durum Desf*", Mémoire de magistère, faculté des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 84 p.

Blum A, 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. 20: 135 - 148 p.

Blum A, et Sullivan C. Y, 1997. The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress. I. Root Drying. *Aust. J. Plant Physiol.*, 1997, 24, 35-41

Blum A., Sullivan C.Y. and H.T. Nguyen. 1997. The effect of plant size on wheat response to agents of drought stress. II. Water deficit, heat and ABA. *Aust. J. Plant Physiol.*, 24(1): 43-48.

Blum. A, et Ebercon, A, 1976. "Genotypic reponse in sorghum to drought stress...Frelproline accumulation and drought resistance" crop-sci (16).

Blum. A, 1985. Breeding crop varieties for stress environments. *Critical Rev Plant Sci* 2:199-238.

Blum, A., and Y. Pnuel. 1990. Physiological attributes associated with drought resistance of wheat cultivars in a Mediterranean environment. *Aust. J. Agric. Res.* 41: 799-810.

Bonnier G. 1940. Flore complète de France. Suisse et Belgique. TXII. Ed. orlhac : 68-70.

Bousba R, Ykhlef N, et 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.

Boves, et Church, 1970. Food Values. II édition, Philadelphia, Toronto, Lippincott Company.

Boyer J.S, 1982. Plant productivity and environment. *Science*, New series. 218: 443 - 448.

Bravdo B, Hepner Y, Loinger C, Cohen S, and H. Tabacman, 1984a. Effect of grape level on growth, yield and wine quality of high yielding carignane vineyard. *Amer. J. Enol. Vitic.* 35:247p.

Bravdo B, Hepner Y, Loinger C, Cohen S. and H. Tabacman, 1984b. Effect of grape level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Amer. J. Enol. Vitic.* 36:132-139.

Bravdo. B.Y, Hepner. C, Loinger. C, Cohen, and H. Tabacman. 1985. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic.* 36:132-139.

Bresse E. L et Tyler B.F, 1988. Patterns of variation and the underlying and cytological architecture in grasses with particular reference to *Lolium*: 53-69

Brinis L, (1995). Effet du stress hydrique sur quelques mécanismes morphophysologiques et biochimiques de traits d'adaptation et déterminisme génétique chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*). Doctorat d'état en sciences. Physiologie végétale et amélioration génétiques des plantes. Université d'Annaba (Algérie). 156 p.

Brisson N, et Delecolle R, 1992. Utilisation des modèles mécanistes de la culture comme outils de raisonnement de la composante génétique de la résistance à la sécheresse. in **Monneveux P., Ben Salem M.** Tolérance à la sécheresse des céréales en zone méditerranéenne. Colloque Diversité génétique et amélioration variétale. Les colloques. 64. (Ed). Inra. Paris.

Cai H, Biswas D.K, Shang A.Q, Zhao L.J. et Li W.D, 2007. Photosynthetic response to water stress and changes in metabolites in *Jasminum sambac*. *PHOTOSYNTHETICA* 45. 4: 503 - 509 p.

- Casals, M.L, 1996.** Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement de blé dur. Thèse de doctorat en agronomie, INRA Paris Grignon, 86 :9-14.
- Cechin I, Rossi S.C, Oliveira V.C. et Fumis T.F, 2006.** Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. *PHOTOSYNTHETICA* .44 (1): 143-146p.
- Chaves, M.M, Pereira. J. S, Maroco. J, Rodrigues. M. L, Ricardo, C.P.P, Osório M.L, Carvalho. I, Faria T. et Pinheiro. C, 2002.** How plants cope with water stress in the field? Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89, 907-916.
- Clarke J.M, et Mc Craig T.N, 1982.** Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Sci.*, 22: 503-506.
- Cooper J.P, 1954.** Studies on growth and development in *Lolium* IV. Genetic control of heading responses in local populations *J. Ecol.* Vol. 42: 521-566.
- Cosgrove.D.J, 1993.** Water uptake by growing cells: An assesment of the controlling roles of wall relaxation, solute uptake, and hydraulic conductance. *Int. J. Plant Sci.* 154:10-20. *t Physiol.* 74: 161-166.
- Coste H, 1937.** Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes. TIII. Ed. blanchard A. paris. 6ème : 668-670.
- Crowe J.H, Hoekstra F.A, et Crowe L.M. 1992.** Anhydrobiosis. *physiol.* 54:579-599.
- Davis Wj, Tardieu F end C.L. Trejo, 1994.** How do chemical signals works in plants that grow in drying soil? *Plant Physiol.* 104:309-314.
- Dib. A, Monneveux, P Et Araus. J.L, 1991 :** "Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. II- Caractères physiologiques d'adaptation", Elsevier, INRA Agro, 12, pp.381-393.
- Djekoun A. et Planchon C, 1992.** Stomatal conductance photosynthesis and acetylene reduction rate in Soybean genotypes. *Can.J.Plant sci.* 72:383 - 390 p.
- Djekoun A. Et Ykhlef N. 1996.** Déficit hydrique, effets stomatiques et non-stomatiques et activité photosynthétique chez quelques génotypes de blé Tétraploïdes. 3ème Réunion du réseau SEWANA, de blé dur IAV HASSAN II (Maroc).
- Dreier. W, 1987** "The effects of calcium ions on the proline content of salt stressed plant tissues" *Biol Plant* (29), pp.307-314.
- El Jaafari S, 1993.** Contribution à l'étude des mécanismes biophysiques et biochimique de résistance à la sécheresse chez le blé. Thèse de doctorat. Univ. Gembloux. Belgique: 214p.
- Elhani S, Martos V, Rharrabti Y, Royo C, García Del Moral L.F, 2007.** Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) grain yield and its components grown in Mediterranean environments. *Field Crops Research*, 103 : 25-35
- Eliane Cristina G.V, Ivan S, Marcos P, Carlos A.S, Hugo Bruno C.M, Celso J.M, et Ellis R.J. 2007.** The molecular chaperone concept. *Semin. Cell Biol.* 1: 1 – 9 .
- Erchidi A.E., Benbella M. Et Talouizte A. 2000.** Relation entre certains paramètres contrôlant les pertes en eau et le rendement en grain chez neuf variétés de blé dur soumises au stress hydrique. *Options méditerranéennes. Série A (Séminaires méditerranéens).* 40: 279 - 82 p.
- Faust.M, 1989.** *Physiology of Temperate Zone Fruit Trees*, J. Wiley and Sons Inc., USA.
- Fisher R.A, Turner N.C, 1978.** Plant productivity in arid and semi arid zones. *A. Rev. Pl. Physiol.*, 29: 277-317.

- Flexas J. and H, Medrano, 2002.** Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plant: Stomatal and non-stomatal limitations revisited. *Annals of Botany* 89:183-189.
- Flexas. J. J.M, Escolana, and H. Medrano, 1999.** Water stress induces different levels of photosynthesis and electron transport rate regulation in grapevines. *Plant Cell and Environ.* 2:39-48.
- Franca A, Loi A, et Porqueddu C, 1993.** *Lolium rigidum* Gaudin : prime acquisizionisupopolazionicollezione in Sardegna. *Agronomia.* 2: 142-148.
- Frank A.B, Power J.F, Willis W.O, 1973.** Effect of temperature and plantwater stress on photosynthesis, diffusion resistance and leafwater potential in spring wheat. *Agron. J.*, 65: 777-780.
- Freeman B.M, endKliewer W.M, 1983.**Effect of irrigation, crop level and potassium fertilization on Carignane vines. II. Grape and wine quality. *Amer. J. Enol. Vitic.* 34:197-206.
- Fribourg H.A,Hoveland C.S, Gwinn K.D, 1991.** Tall fescue and the fungal endophyte- Areview of the current knowledge. *Tennessee Farm and Home Science* 160: 30-37
- García Del Moral.L.F, Ramos, J.M,García Del Moral.B, Jimenez-Tejada. M.P, 1991.** Ontogenic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Science*, 31: 1179-1185.
- Garwood EA, Williams TE.1967.**Growth, water use and nutrient uptake from the subsoil by grass swards. *Journal of Agricultural Science* 69: 125-130.
- Gate P,Bouthier A, Casablanca H, et Deleens E, 1993.** Caractères physiologiques la tolérance à la sécheresse des blés cultivés en France. Interprétation des corrélations entre le rendement et la composition isotopique du carbone des grains. In : Tolérance à la sécheresse des céréales en zone Méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA, Montpellier (France), 64:61-73.
- Jimenez C, Mitchell V.J. and D.W. Lawlor, 1992.**Regulation of photosynthetic rate of two sunflower hybrids under water stress. *Plant Physiol.* 98:516-524.
- Gonzalez A., Martin I. etAyerbe L. 1999.** Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res.*62: 23 -34.
- GrennanA.K; 2006.**High Impact Abiotic Stress in Rice.An “Omic” Approach; *Plant Physiol*, April 2006, Vol. 140:1139-1141.
- Guettouche R. 1990.** Contribution à l'identification des caractères morpho physiologiques d'adaptation à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf).
- Gupta S.A and G.A. Berkowitz, 1987.** Osmotic adjustment, symplast volume, and nonstomatally mediated water stress inhibition of photosynthesis in wheat. *Plant Physiol.* 87:1040–1047.
- Hadjichristodoulou.A, 1985.**The stability of the number of tillers of barley varieties and its relation with consistency of performance under semi-arid conditions. *Euphytica*, 34: 641-649.
- Hamada Y,2002.** Evaluation de la variabilité génétique et utilisation des espècestétraploïdes du genre *Triticum* pour l'amélioration génétique de la tolérance au déficithydrique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse Magister. Université MentouriConstantine, 167p.
- Hanson. A.A, Barnes. D.K et Hill, J.R, 1988.**"Alfalfa and alfalfa improvment" R.Editors, Agronomy, 29 ASA, CSSA SSA, 1084 p.
- HARE P.D,Et CRESS W.A, 1997.** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. *Plant cell and environment.* 21: 535 - 553 p.
- Heeswijck R,Mcdonald G, 1992.** Acremoniumendophytes in perennial rye-grass and other pasture grasses in Australia and New Zealand. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 1683-1709

- Hikosaka K., Ishikawa K., Borjigidai A., Muller O. & Onoda Y. 2006.** Temperature acclimation of photosynthesis: mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate. *J. Exp. Bot.* 57:291-302 p.
- Hireche. 2006.** Réponse de la luzerne *Medicagosativa*(L) au stress hydrique et à la profondeur du semis. Thèse de Magister.Univ. *EL Hadj Lakhdar*. Batna : 83 p.
- Hopkins W. G, 2003.** Physiologie végétale. Editions De Boeck Université : 451p.
- Hsiao T.C, 1973.** Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant physiol.* 24: 519-520.
- Hsiao T.C, Acevedo E, 1974.** Plant response to water deficit; water use efficiency and drought resistance. *Agricultural meteorology*, 14: 25-29.
- Hsiao T.C, Acevedo E, Henderson D.W, 1970.** Continuous measurements and close dependence on plant water status. *Science*, 168: 590-591.
- Hubac. C, 1967.** Accroissement chez les plantes de la résistance à la dessiccation par action préalable de la proline CR.Acad.Sci. 264, pp.1286-1288.
- Hubbard C. E, 1954.** Grasses: A guide to their structures, identification, uses and distribution in the British Isles. Ed. Pelican book: 428p.
- Huyghe C, 2003.** Les fourrages et la production de protéines. *Fourrages* 174: 145-162.
- Jackson D.I, And P.B. Lombard, 1993.** Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 44:409-430.
- Jauzein P, 1955.** Flore des champs cultivés. Ed. INRA: 749-751.
- Johari-Pireivatlou M, 2010.** Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. *African Journal of Biotechnology*, 9 (1), 036-040
- Johnson D.A, Richards R.A, et Turner N.C, 1983.** Yield water relations, gas exchange and surface reflectance of near-isogenic wheat lines differing in glaucousness. *Crop Sci.*, 23:318-325.
- Johnson R.R, et Moss D.V, 1976.** Effect of water stress on photosynthesis and
- Jones H.G, Mansfield T.A, 1970.** Suppression of stomatal opening in leaves treated with abscissic acid. *J. Exp. Bot.*, 21: 714-719.
- Julien A, 1894.** Flore de la région de Constantine. Ed. Auspices de la société d'agriculture. Constantine : 262-263.
- Kiani P, 2007.** Analyse génétique des réponses physiologiques du tournesol (*Helianthus annuus* L.) soumis à la sécheresse. Thèse Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Kirby, E.J.M, And Appleyard, M, 1987.** Development and structure of the wheat plant. In F.G.H. Lupton, ed. *Wheat Breeding*, Chapman & Hall, London, pp: 287-311.
- Kramer P.J, And J.S. Boyer, 1995.** Water relations of plants and soils (Book). Academic Press, Inc.
- Kumar R.G, et Dubey R.S. 1999.** Glutamine synthetase isoforms from rice seedlings: effects of stress on enzyme activity and the protective roles of osmolytes. *J Plant Physiol.* 155: 118 - 121 .
- Laberche J-C, 2004.** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale. Dunod.* 2e (éd). Paris:154 -163.
- Lamaze T, Tousch D, Sarda X, Grignon C, Depigny-This D, Monneveux P et Belhassen E, 1994.** Résistance de plantes à la sécheresse mécanismes physiologiques. *Le sélectionneur Français* 45 : 75-85.
- Lapeyronie A, 1982.** Les productions fourragères méditerranéennes. TI. Ed. GM Maison Neuve. Paris: 452p.

- Larcher W, 1995.** Plant under stress. *In*, Physiological Plant Ecology. Third edition. *Springer*: 321-448.
- Lavergne. J, and Briantais. J.M, 1996.** Photosystem-II heterogeneity. *In*: Ort DR and Yocum CF (Eds). Oxygenic photosynthesis: The light reactions, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 265-287.
- Lawlor D.W, and G. Cornic, 2002.** Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell et Environment* 25:275-294.
- Le Saint. A.M, 1969.** "Variations comparées des teneurs en proline libre et en glucides solubles en relation avec l'inégale sensibilité au gel des ortganes de plans de choux de Milan, culture pantoise C.R.Sci. Paris, 310-313.
- Lebon E, Pellegrino A, Louarn G. And J. Lecoœur, 2006.** Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitisvinifera*) growing in drying soil. *Annals of Botany* 98:175-185.
- Leclerc J.C, 1999.** Ecophysiologie végétale, PU de St Etienne.
- Lemaire G, Denoix A, 1987.** Croissance estivale en matière sèche de peuplements de fétuque élevée (*FestucaarundinaceaSchreb.*) et de dactyle (*Dactylis glomerataL.*) dans l'Ouest de la France. II. Interaction entre les niveaux d'alimentation hydrique et de nutrition azotée. *Agronomie* 7: 381-389.
- Levitt J, 1980.** Responses of plants to environmental stress" 2ème Ed. Water, radiation, salt and other stresses" physiological Ecology series. Acad. Press New York, 205-21.
- Loos B.P, et Jarvis C.E, 1992.** The typification of *Loliumperenne* L and *Loliumtemulentum* L. *Bot. J. Linn. Soc.* 108: 399-408.
- Lowlor.D.W, 2002.** Limitation to photosynthesis to water stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. *Annals of Botany* 89:871-885.
- Ludlow M.M, Muchow R.C, 1990.** A critical evaluation of traits for improving crop yields in water limited environments. *AdvAgron*; 43: 107-153
- Luxmoore Rj, Millington Rj, 1971.** Growth of perennial ryegrass (*LoliumperenneL.*) in relation to water, nitrogen and light intensity. II. Effects on dry weight production, transpiration and nitrogen uptake. *Plant and Soil* 34: 561-574.
- Maggio A, Bressan R.A, Hasegawa P.M, etLocy R.D, 1997.** Moderatly increased constitutive proline does not alter osmotic stress tolerance. *PhysiologiaPlantarum.* 101: 240 - 246.
- Maire R, 1933.** Etude de la flore et la végétation du Sahara central. Vol I et II. Alger. 70-71.
- Maire R, 1955.** Flore de l'Afrique du nord. Vol II. Ed. le Chevalier P. Paris : 282-296.
- Martinez Jp, Silva H, Ledent Jfet Pinto M, 2007.** Effect of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*Phaseolusvulgaris L.*) *European journal of agronomy.* Jan., Vol. 26, 1, p. 30-38.
- Matthews M.A, and Boyer J.S, 1984.** Acclimation of photosynthesis to low leaf water potentials.
- Monneveux, P.H, Nemmar. M, 1986.** "Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre. Etude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement" *Agronomie* 6, p.17.
- Mouhouche B, 1993** "effets de l'intensité du stress hydrique sur les composantes du rendement de la culture de fève (*Vicia faba L*) *Revue Céréales et Culture* 29, p.27-30.
- Moule C, 1980.** Fourrages. Phytotechnie spéciale. Eds La maison rustique, Paris 302p
- Nedjraoui D, 2003.** Profil fourrager de l'Algérie. 36p.

- Nemmar M, 1983.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) et de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement. Thèse Doct. Ing. Montpellier, 108 p.
- Nguyen H. Tet Sleper D. A, 1983.** Genetic variability of seed yield and reproductive characters in tall fescue. *23. 4:* 621-626.
- Nouri L, 2002.** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.), en conditions de déficit hydrique. Thèse de magister en Biologie Végétale, pp: 4-16.
- 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.
- Nouri L. Ykhlef N, et Djekoun A, 2002.** Ajustement osmotique et comportement hydrique chez certaines variétés de blé dur : relation avec la tolérance à la sécheresse. Actes de séminaire ' IIIème journées Scientifiques sur le blé'. (Ed). Univ. *Mentouri*. Constantine.
- Oece, 1951.** Développement des pâturages et de la production dans les pays méditerranéen. Ed. organisation européenne de coopération économique : 197p.
- Onillon B, Durand JI, Gastal F, Tournebize R (1995).** Drought effects on growth and carbon partitioning in a tall fescue sward grown at different rates of nitrogen fertilization. *European Journal of Agronomy 4:* 91-99.
- Oram, R.N. 1991.** register of australian herbage plant cultivars. 3 rd edition. Australian herbage.
- Patakas A, and B. Noitsakis, 2001.** Leaf age effects on solute accumulation in water-stressed grapevines. *Journal of Plant Physiology 158:*63-69.
- Petrie P.R, Cooley N.M, and P.R, Clingeffer, 2004.** The effect of post-veraison water deficit on yield components and maturation of irrigated Shiraz (*Vitis vinifera* L.) in the current and following season. *Australian Journal of Grape & Wine Research 10:*203-215.
- Phamthi A.T, Viera Da Silva J.B, 1977.** Action des déficits hydriques sur la photosynthèse et sur la respiration des feuilles du cotonnier In : Les processus de la production végétale primaire. MOYSE A. Ed. Gauthier Villars, Paris, p. 183-202.
- Poorter H, 1989.** Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.
- Qariani L, El Jaafari S, Dekkaki M, Araus J.L, 2000.** Cuticular conductance, water use efficiency and drought tolerance of durum wheat isolines of differing glaucousness. (ed.); Nachit-MM (ed.); Fonzo-N-di (ed.); Araus-JL. Durum wheat improvement in the Mediterranean region: new challenges. Proceedings of a seminar, Zaragoza, Spain, Options-Méditerranéennes. Serie-A, Séminaires-Méditerranéens. 40: 315-318.
- Quezel P, et Santa L, 1962.** Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques méridionales. TI. ED. CNRS. Paris : 152-153.
- Quezel P, et Santa L, 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. TI. Ed. CNRS. Paris: 152-153.
- Rasio A, Sorrentino G, Cedola M.C, et Wittner G, 1987.** Osmotic and elastic adjustment of durum wheat leaves under stress conditions. *Genetic. Agr. 41:*427-436.
- Rattandier J. A, et Trabut L, 1885.** Flore de l'Algérie. Monocotylédone.
- Rawson H.M, Bagga A.K, et Bremner P.M, 1977.** Aspects of adaptation by wheat Barley to soil moisture deficits. *Australian J. Plant Physiol. 4:* 189-401.

- Raynal G, Gondran J, Bournoville R, Courtillot M, 1989.** Ennemis et maladies des prairies. Ed INRA 249p. Région des hauts plateaux de l'ouest algérien" thèse de Magistère Institut des sciences de la nature, université des sciences et de la technologie Houari Boumediène, p 48.
- Raziuddin, 2003.** In situ and in vitro studies In wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought tolerance. PhD. Dept. Plant Breeding and Genetics Faculty of Crop Production Sciences. PESHAWAR, PAKISTAN. pp 219
- Richards R.A, Condon A.G, Rebetzke G.J, 2001.** Traits to improve yield in dry environments. In Application of Physiology in Wheat Breeding, pp. 88-100. Eds M.P. Reynolds, J.I. Ortiz-Monasterio and A. McNab. DF, México: CIMMYT.
- Rossister R.C, 1966.** Ecology of Mediterranean annual-type pasture. *Adv. Agron.* 18:1- 56.
- Rudgers. J. A, and A. L. Swafford, 2009.** Benefits of a fungal endophyte in *Elymus virginicus* decline under drought stress. *Basic and Applied Ecology*, 10:43-51
- Salter P.G, And Goode J.E, 1967.** Crop responses to water at different stages of growth. Commonwealth Agricultural bureau, FARNHAM Royal, Bucks, England.
- Sanchez Diaz M.F, Kramer P.J, 1971.** Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. *Plant Physiol.*, 48: 613-616.
- Sauter A, Davies W.J, and W. Hartung, 2001.** The long-distance abscisic acid signal in the droughted the fate of the hormone on its way from root to shoot. *Journal of Experimental Botany* 52:1991-1997.
- Savouré A, Jaoua S, Hua Xue Jun, Ardiles W, Van Montagu M. et Verbruggen N, 1995.** Isolation, characterization, and chromosomal location of a gene encoding the DELTA 1-pyrroline-5-carboxylate synthetase in *Arabidopsis thaliana*. *FEBS Letters* .372: 13 -19.
- Scofield T, Evans J, Cook M.G, et Wardlaw I.F, 1988.** Factors influencing the rate and duration of grain filling in wheat. *Aust. J. Plantphysiol*, 4: 785-797.
- Shultz H.R, and M.A, Matthews, 1993.** Xylem development and hydraulic conductance in sun and shade shoots of grapevine (*Vitis vinifera* L.): evidence that low light uncouples water transport capacity from leaf area. *Planta* 190:393-406.
- Siakhène N, 1984.** Effet du stress hydrique Sur quelques espèces de luzerne Annuelle. Mémoireing Agr. INA. El Harrach : 90 p.
- Simane. B. P.C, Struik.M.M, Nachit, and J.M. Peacock, 1993.** Ontogenic analysis of field components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*, 71: 211-219.
- Singh.T.N, Paleg.L.G, Aspinall, D, 1973.** "stress metabolism III: variation in response to water deficit in the barley plant. *Aust. J. boil. Sci* (26), pp.56-76.
- Slama A, 2002.** Étude comparative de la contribution des différentes parties du plant du blé dur dans la contribution du rendement en grains en irrigué et en conditions de déficit hydrique. Thèse de doctorat en biologie. Tunis.
- Slatyer R O, 1973.** Plant response to climatic factors. Pro upprala.
- Slatyer R, 1974.** The effect of internal water status on plant growth development and yield In: plant responses to climatic factors .Proc.of uppralsimpium, *Unesco*.
- Tahri E, Belabed A, et Sadki K, 1997.** Effet d'un stress osmotique sur l'accumulation de proline, de chlorophylle et des ARNm codant pour la glutamine synthétase chez trois variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.). *Bulletin de l'Institut Scientifique. Rebat.* 21: 81 - 89 p.

- Tardieu F, Zhang J, and D.J.G.Gowing, 1993.** A model of stomatal control by both ABA concentrations in the xylem sap and leaf water status. Test of the model and of alternative mechanisms for droughted and ABA-fed field-grown maize. *Plant Cell & Environment* 16:413-420.
- Terrell E.E, 1968.** A taxonomic revision of the genus *Lolium*. US. Dep. Agric. Tech. 1392:1-65.
- Thomas M, Robertson Mj, Fukai S, Peoples, Mb. 2004.** The effect of timing and severity of water deficit on growth, development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. *Field Crops Reseach* 86:67-80.
- Tradiou F. And Simoneau, 1998.** Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modeling isohydric and anisohydric behaviours. *Journal of Experimental Botany* 49:419-432.
- transpiration of flag leaves and spikes of barley and wheat. *Crop. Sci.*, **14(5)**: 728-731.
- Trinchant J.C ,Boscari A ,Spennato G, Van De Sype G et Le Rudulier D, 2004.** Proline Betaine Accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. Exploring Its Compartmentalization in Nodules *Plant Physiology*, Vol. 135, pp.1583-594.
- Turner Nc, 1986.** Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Aust J Plant Physiol.*
- Turner, N.C, 1979.** Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plant. In "stress physiology in crop plants", (H.W. Musseland et, R.C Staples, Ed, Wiley, (interscience) New York, p.343-372.
- Van Oosterom.E.J, Acevedo, E, 1993.** Leaf-area and crop growth in relation to phenology of barley in Mediterranean environments. *Plant Soil*, 148: 223-237.
- Volaire F, Thomas H, Lelievre F, 1998.** Survival and recovery of perennial forage grasses under prolonged Mediterranean drought: I. Growth, death, water relations and solute content in herbage and stubble. *New Phytologist* 140:439-449.
- Walter. R, Batchelor. L.D, et Webber. H. J, 1968.** Citrus Industry, Vol. II, University of California.
- Whyte Ro, Moire T.R.G, et Cooper J.P. 1959.** Les graminées en agriculture FAO. 485P.
- Wolfe D.W, Sardes V.O, Villalobos J, et Ferreres E, 1992.** Photosynthesis recovery from drought in relation to stress effects on leaf osmotic potential and nitrogen content. In: Proceeding of the 13 th International Sunflowers. Pica, Italy, **1**: 658-663.
- Ykhlef N, 2001.** Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* ; Desf). Thèse de doctorat. Univ. Mentouri .Constantine.
- Yokota A. Takahara K Et Akashi K. (2006)** Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. *Springer*. p: 15–39.
- Zwierzykowski Z. et Nagnowska B, 1996.** Taxonomy, cytogenetic and phylogenetic relationships in the *Lolium-Festuca* complex Poacea: I. *Lolium*-a review. *Fragm. Flor Geobot.* 412: 521-536.

Abréviations

A : apport d'eau d'irrigation.

ABA : Acide Abscisique.

CC : la capacité au champ.

CR : la capacité de rétention

D : drainage.

DE : début d'épiaison.

DF : début de floraison.

Do : densité optique.

ETM : Evapotranspiration maximale.

FAO: Food and Agriculture Organization.

Fig : figure.

H : heure.

HP : La Hauteur De La Plante.

INRAA : Institut National Agronomique Algérienne.

J : jours.

LAF : La Largeur De La Feuille.

LE : longueur de l'épi.

LOF : La Longueur De La Feuille.

LOL : *Lolium*.

NT : nombre de l'épi.

NT : nombre de talles.

Pf : poids final du pot à la fin du stress (g),

PF : point de flétrissement.

Pi : poids initial du pot à la capacité de rétention,

PRO : La Teneur En Proline.

PS : poids sec.

PSII : photosystème II.

PT : poids de pleine turgescence.

RU : Réserve Utile.

SF : Surface foliaire.

SF : Surface Foliaire.

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

Tab : tableau.

TCT : taux de chlorophylle totale.

TRE : teneur relative en eau.

TS : Taux De Dessèchement.

UFL : unités fourragères lait.

XRU:réserve utile du sol (g / g du sol sec) au taux recherché (50 % de la RU, 80% de la RU).

Annexe. I

Annexe 1. Comparaison de nombre de talles obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum* Gaud. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	475.24	237.62	9.77	0.0006***
population	4	202.13	50.53	2.08	0.1076 NS
Int $P \times N$	8	36.53	4.57	0.19	0.9899 NS
Résidus	30	729.33	24.31		
Total	44	1443.24	32.80		
ET			4.93		
CV %			29.5		

Annexe .A1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	20.87	A
MS	16.33	B
TS	12.93	B

Annexe 2. Comparaison de nombre de l'épi à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum* Gaud. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	3177.36	1588.68	54.95	0.0000***
population	4	846.21	211.55	7.32	0.0003***
Int $P \times N$	8	61.52	7.69	0.27	0.9714 NS
Résidus	30	867.32	28.91		
Total	44		112.55		
ET			5.38		
CV %			26.7		

Annexe.B1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	31.47	A
MS	17.47	B
TS	11.40	C

Annexe.B1 : Groupes homogènes : Niveau

Variance	Moyennes	Groupes homogènes
LOL4	23.00	A
LOL1	23.00	A
LOL2	22.56	A
LOL6	20.33	A
LOL3	11.67	B

Annexe 3. Comparaison de date d'épiaison obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum* Gaud. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	17883	596.72	19.6	0.0000***
Population	4	574.71	287.36	0.80	0.5373 NS
Int $V \times N$	8	1905.75	476.44	1.24	0.3131NS
Résidus	30	5891.22	736.40		
Total	44	26255.48	596.13		
ET			24.42		
CV %			16.1		

Annexe .D1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	147,4667	A
MS	155,4667	B
TS	160,7333	B

Annexe 4. Comparaison de date de floraison obtenue à partir des différents types de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum* Gaud. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	737.01	16.75	3.6	0.0000***
Population	4	57.57	28.79	1.36	0.2717 NS
Int $P \times N$	8	82.14	20.53	1.18	0.3409 NS
Résidus	30	143.33	17.92		
Total	44	453.97	15.13		
ET			3.89		
CV %			24.1		

Annexe .E1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	161,4000	A
MS	172,4000	B
TS	177,4000	B

Annexe 5. Comparaison de des moyennes de la longueur de la feuille obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués auxcinq populations de *Lolium rigidum Gaud.* Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	57.57	28.79	9.5	0.0000***
Population	4	82.14	20.53	1.39	0.3236
Int $V \times N$	8	143.33	17.92	1.18	0.6203
Résidus	30	453.97	15.13		
Total	44	737.01	16.75		
ET			3.89		
CV %			24.1		

Annexe .F1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	19,9520	A
MS	15,7467	B
TS	12,6567	B

Annexe 6. Comparaison de des moyennes de la largeur de la feuille obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués auxcinq populations de *Lolium rigidum Gaud.* Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	0.33	0.16	17.19	0.0000***
Population	4	0.02	0.01	0.57	0.6872
Int $P \times N$	8	0.07	0.01	0.88	0.5466
Résidus	30	0.29	0.01		
Total	44	0.70	0.02		
ET			0.10		
CV %			17.9		

Annexe .G1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	0,6733	A

MS	0,5300	B
TS	0,4333	B

Annexe 7. Comparaison de des moyennes de la longueur de l'épi obtenu à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum Gaud.* Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	417.22	208.61	10.28	0.0004***
population	4	400.08	100.02	4.93	0.0036**
Int $P \times N$	8	90.57	11.32	0.56	0.8040 NS
Résidus	30	608.54	20.28		
Total	44	1516.41	34.46		
ET			4.50		
CV %			30.5		

Tab .G1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	18.99	A
MS	14.37	B
TS	11.82	B

Tab .G2 : Groupes homogènes : Population

Variance	Moyennes	Groupes homogènes
LOL1	18.76	A
LOL6	16.36	A
LOL2	15.38	A
LOL4	13.38	AB
LOL3	9.84	B

Annexe 8. Comparaison de des moyennes de la hauteur de la plante obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum Gaud.* Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	2061.92	1030.96		0.0001***
Population	4	877.58	219.40	12.68	0.0491
Int $P \times N$	8	432.02	54.00	2.70	0.7195

Résidus	30	2439.89	81.33	0.66	
Total	44	5811.41	132.08		
ET			9.02		
CV %			20.3		

Annexe.H1: Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	53.55	A
MS	42.03	B
TS	37.47	B

Tab .H2 : Groupes homogènes : Population

Variance	Moyennes	Groupes homogènes
LOL3	49.23	A
LOL6	48.80	A
LOL1	44.97	A
LOL2	40.78	A
LOL4	37.97	A

Annexe 9. Comparaison de des moyennes de taux de dessèchement obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum* Gaud. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	9939.08	4969.54	23.37	0.0000***
Population	4	1302.06	325.51	1.53	0.2177 NS
Int V \times N	8	1904.64	238.08	1.12	0.3787 NS
Résidus	30	6380.17	212.67		
Total	44	19525.95	443.77		
ET			14.58		
CV %			18.6		

Tab .I1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	95.40	A
MS	81.17	B
TS	59.27	C

Annexe.10: Comparaison des moyennes de surface foliaire obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux sept variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	136.84	68.42	65.51	0.0000***
population	4	3.64	0.91	0.87	0.4937 NS
Int V \times N	8	7.16	0.89	0.86	0.5634 NS
Résidus	30	31.33	1.04		
Total	44	178.98	4.07		
ET			1.02		
CV %			23.1		

Tab .J1 : Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	6.80	A
MS	3.80	B
TS	2.67	C

Annexe. 11: Comparaison des moyennes de la teneur relative en eau à partir des différents types de stress appliqué aux sept variétés de blé dur. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée $P \times N$

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	2017.05	1008.53	51.00	0.0000***
population	24	271.49	67.87	3.43	0.0200*
Int P \times N	48	123.66	15.46	0.78	0.6231 NS
Résidus	30	593.28	19.78		
Total	44	3005.48	68.31		
ET			4.45		
CV %			10.1		

Annexe. Q1: Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	53.40	A
MS	41.29	B
TS	37.78	C

Annexe. Q2 : Groupes homogènes :population

Variance	Moyennes	Groupes homogènes
----------	----------	-------------------

LOL4	47.14	A
LOL1	46.10	A B
LOL3	44.94	AB
LOL2	41.80	A B
LOL6	40.80	B

Annexe. 11: Comparaison des taux de chlorophylle totale obtenue à partir des différentstypes de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum* Gaud. Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixes de classification modèle linéaire généralisée

$P \times N$.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	Fobs	Pr
Niveau	2	606.29	303.15	146.64	0.0000***
population	4	60.70	15.18	7.34	0.0003***
Int $P \times N$	8	68.89	8.61	4.17	0.0020**
Résidus	30	62.02	2.07		
Total	44	797.90	18.13		
ET			1.44		
CV %			3.3		

Annexe. L1: Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
ETM	48.91	A
MS	43.79	B
TS	39.95	C

Annexe. L2: Groupes homogènes : population

Variance	Moyennes	Groupes homogènes
LOL1	45.48	A
LOL2	45.39	A
LOL3	44.40	A B
LOL4	43.32	B C
LOL6	42.50	C

Annexe. L3: Groupes homogènes : Int $P \times N$

Int V × N	Moyennes	Groupes homogènes
ETM-LOL3	50.00	A
ETM-LOL1	50.00	A
ETM-LOL6	49.63	A
ETM-LOL2	49.00	A
ETM-LOL4	45.93	B
MS-LOL2	45.30	B C
MS-LOL3	44.73	BC D
MS-LOL1	44.30	BCD
MS-LOL4	43.00	BCD
TS-LOL1	41.87	CDE
TS-LOL3	41.70	CD E
MS-LOL6	41.60	D E
TS-LOL4	41.03	D E
MS-LOL2	38.90	E
TS-LOL6	36.27	F

Annexe. 13: Comparaison des teneurs moyennes en proline obtenues à partir des différents types de stress appliqués aux cinq populations de *Lolium rigidum Gaud.* Résultats du test d'analyse de la variance à deux facteurs fixe de classification modèle linéaire généralisée P×N.

Source	Ddl	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Pr
Niveau	2	2814.46	1407.23	3.48	0.0000***
population	4	27.84	6.96	703.48	0.0188*
Int V × N	8	183.35	22.92	11.46	0.0000***
Résidus	30	59.99	2.00		
Total	44	3085.63	70.13		
E.T			1.41		
CV %			14.2		

Annexe. M1: Groupes homogènes : Niveau

Niveau	Moyennes	Groupes homogènes
TS	19.59	A
MS	9.99	B
ETM	0.22	C

Annexe. M2 : Groupes homogènes : population

Variance	Moyennes	Groupes homogènes
LOL6	10.92	A
LOL2	10.69	A

LOL4	9.88	AB
LOL1	9.33	A B
LOL3	8.85	B

Tab .M3 : Groupes homogènes : Int P × N

Int V × N	Moyennes	Groupes homogènes
TS-LOL2	23.07	A
TS-LOL4	21.14	A B
TS-LOL1	18.99	B C
TS-LOL3	18.07	C
TS-LOL6	16.67	C
MS-LOL6	15.95	C
MS-LOL2	8.85	D
MS-LOL1	8.49	D
MS-LOL4	8.33	D
MS-LOL3	8.32	D
ETM-LOL1	0.50	E
ETM-LOL4	0.17	E
ETM-LOL3	0.15	E
ETM-LOL6	0.14	E
ETM-LOL2	0.13	E

Annexe II : ANOVA à un facteur contrôlé pour les caractères étudiés de cinq populations.

Tab.1 Analyse de variance pour régime SDH

SDH-NT				
SC	DDL	MC	F	P
113,733	4	28,433	1,1021	0,407401
SDH-NE				
SC	DDL	MC	F	P
409,07	4	102,27	1,6638	0,233929
SDH-DE				
SC	DDL	MC	F	P
189,1	4	47,3	0,787	0,559244
SDH-DF				
SC	DDL	MC	F	P

219,6	4	54,9	1,220	0,361871
SDH-LOF				
SC	DDL	MC	F	P
66,890	4	16,722	1,8549	0,195130
SDH-LAF				
SC	DDL	MC	F	P
0,039333	4	0,009833	0,8551	0,522442
SDH-LE				
SC	DDL	MC	F	P
49,808	4	12,452	0,3054	0,867907
SDH-HP				
SC	DDL	MC	F	P
235,98	4	58,99	0,5065	0,732435
SDH-DS				
SC	DDL	MC	F	P
506,27	4	126,57	0,8859	0,506528
SDH-SF				
SC	DDL	MC	F	P
3,7333	4	0,9333	0,5600	0,697058
SDH-TRE				
SC	DDL	MC	F	P
189,63	4	47,41	1,343	0,320167
SDH-TCT				
SC	DDL	MC	F	P
35,30	4	8,83	13,31	0,000516
SDH-PRO				
SC	DDL	MC	F	P
0,290643	4	0,072661	1,03146	0,437454

Tab.2 Analyse de variance pour régime MDH

MDH-NT				
SC	DDL	MC	F	P
48,000	4	12,000	0,3579	0,832999
MDH-NE				
SC	DDL	MC	F	P
342,400	4	85,600	5,6564	0,012086
MDH-DE				
SC	DDL	MC	F	P
141,7	4	35,4	0,860	0,519851
MDH-DF				
SC	DDL	MC	F	P
114,9	4	28,7	1,33	0,325484
MDH-LOF				

SC	DDL	MC	F	P
34,442	4	8,611	1,4897	0,276954
MDH-LAF				
SC	DDL	MC	F	P
0,002333	4	0,000583	0,1129	0,975067
MDH-LE				
SC	DDL	MC	F	P
149,523	4	37,381	6,0278	0,009818
MDH-HP				
SC	DDL	MC	F	P
547,03	4	136,76	2,4575	0,113445
MDH-DS				
SC	DDL	MC	F	P
1027,50	4	256,88	6,927	0,006131
MDH-SF				
SC	DDL	MC	F	P
4,4000	4	1,1000	1,3750	0,310083
MDH-TRE				
SC	DDL	MC	F	P
80,01	4	20,00	2,870	0,080282
MDH-TCT				
SC	DDL	MC	F	P
26,55	4	6,64	6,66	0,007020
MDH-PRO				
SC	DDL	MC	F	P
133,844	4	33,461	35,946	0,000007

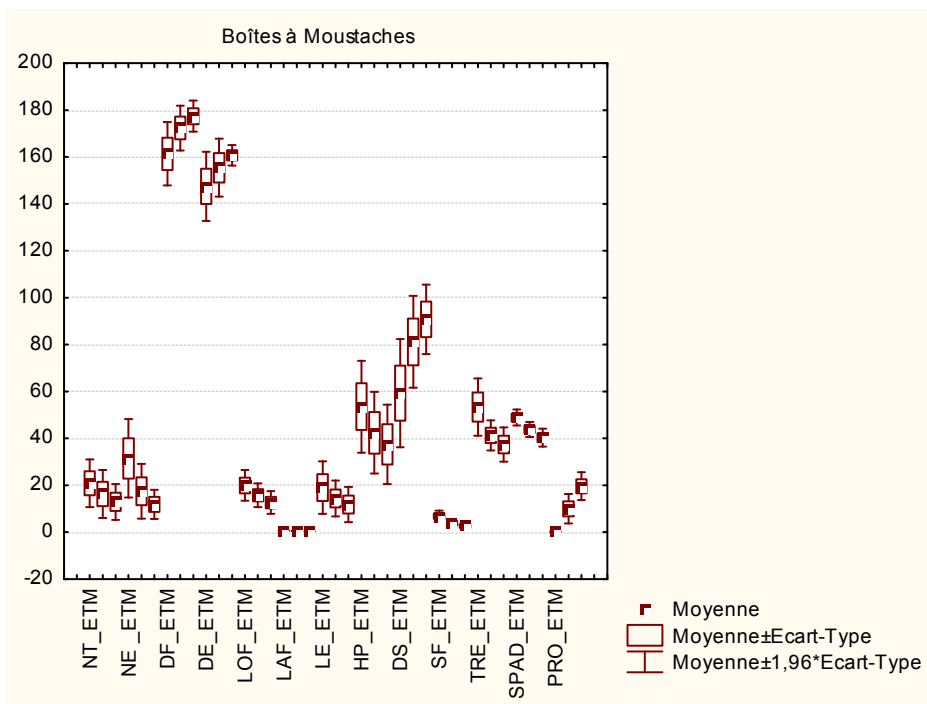
Tab.3 Analyse de variance pour régime ADH

ADH-NT				
SC	DDL	MC	F	P
76,933	4	19,233	1,4142	0,298293
ADH-NE				
SC	DDL	MC	F	P
84,400	4	21,100	3,5562	0,047180
ADH-DE				
SC	DDL	MC	F	P
26,3	4	6,6	1,47	0,282319
ADH-DF				
SC	DDL	MC	F	P
56,3	4	14,1	1,36	0,314324
ADH-LOF				

SC	DDL	MC	F	P
21,969	4	5,492	0,8630	0,518326
ADH-LAF				
SC	DDL	MC	F	P
0,011667	4	0,002917	0,6250	0,655360
ADH-LE				
SC	DDL	MC	F	P
113,242	4	28,310	3,0871	0,067495
ADH-HP				
SC	DDL	MC	F	P
416,07	4	104,02	1,6521	0,236579
ADH-DS				
SC	DDL	MC	F	P
48,9	4	12,2	0,162	0,952742
ADH-SF				
SC	DDL	MC	F	P
2,6667	4	0,6667	1,0000	0,451555
ADH-TRE				
SC	DDL	MC	F	P
75,27	4	18,82	1,550	0,261085
ADH-TCT				
SC	DDL	MC	F	P
33,10	4	8,27	4,26	0,028701
ADH-PRO				
SC	DDL	MC	F	P
77,054	4	19,264	3,855	0,038007

V	TH	N Actifs	Moyenne	Confiance -95%	Confiance +95%	Min	Max	Etendue	Variance	Ecart-type
NT	SDH	15	20,8667	0,4956	0,5644	16	36	20	5,15290	1,330
	MDH	15	16,3333	0,3976	0,4691	12,	31	19	5,23268	1,351
	ADH	15	12,9333	15,8240	22,1560	7	18	11	3,89994	1,006
NE	SDH	15	31,4667	12,2267	16,5320	12	44	32	8,55125	2,207
	MDH	15	17,4667	9,7085	13,9462	3	23	20	5,93857	1,533
	ADH		11,8667	48,0140	59,0926	6	18	1	3,20416	0,827
DE	SDH	15	161,4000	37,5101	47,3433	148	171	23	6,91582	1,785
	MDH	15	172,4000	32,6819	42,2541	160	179	19	4,86680	1,256
	ADH	15	177,4000	52,7563	65,7771	170	182	12	3,37639	0,871
DF	SDH	15	147,4667	75,6321	86,7012	133	153	20	7,51063	1,939
	MDH	15	155,4667	86,5395	94,9272	137	162	25	6,28907	1,623
	ADH	15	160,7333	6,1315	7,4685	156,0	165	9	2,25093	0,581
LOF	SDH	15	19,9520	3,2788	4,3212	14,80	25	10	3,34925	0,864
	MDH	15	15,7467	2,2145	3,1188	11,2	20,8	9,6	2,56685	0,662
	ADH	15	12,6567	49,9562	56,8520	7,95	17,9	9,95	2,47292	0,638
LAF	SDH	15	0,6733	39,4762	43,0978	0,5	0,85	0,35	0,10499	0,027
	MDH	15	0,5300	35,2999	39,4510	0,4	0,65	0,25	0,06211	0,016
	ADH	15	0,4333	47,9549	49,8718	0,3	0,55	0,25	0,06455	0,016
LE	SDH	15	18,9900	42,8923	44,6811	8,05	26,3	18,25	5,71705	1,476
	MDH	15	14,3793	39,2808	41,4259	7,85	21,25	13,4	3,88713	1,003
	ADH	15	11,8273	0,0705	0,3658	3,01	16,85	13,84	3,82611	0,987
HP	SDH	15	53,5533	8,2186	11,7603	30,75	73,75	43	10,00265	2,582
	MDH	15	42,4267	17,9214	21,2577	28,05	54	25,95	8,87824	2,292
	ADH	15	37,4680	32,6819	42,2541	21,3	48,75	27,45	8,64253	2,231
TS	SDH	15	59,2667	52,7563	65,7771	45	85	40	11,75625	3,035
	MDH	15	81,1667	75,6321	86,7012	62	95	32,5	9,99405	2,580
	ADH	15	90,7333	86,5395	94,9272	75	100	25	7,57314	1,955
SF	SDH	15	6,8000	6,1315	7,4685	6	10	4	1,20712	0,311
	MDH	15	3,8000	3,2788	4,3212	2	5	3	0,94112	0,242
	ADH	15	2,6667	2,2145	3,1188	1	4	3	0,81650	0,210
TRE	SDH	15	53,4041	49,9562	56,8520	43,13	64,28	21,14	6,22609	1,607
	MDH	15	41,2870	39,4762	43,0978	35,44	49,45	14,007	3,26995	0,844
	ADH	15	37,3755	35,2999	39,4510	31,63	42,85	11,225	3,74793	0,967
TCT	SDH	15	48,9133	47,9549	49,8718	44,3	50	5,7000	1,73076	0,446
	MDH	15	43,7867	42,8923	44,6811	40	46	6,0000	1,61505	0,417
	ADH	15	40,3533	39,2808	41,4259	36,2	43	7,5000	1,93681	0,500
PRO	SDH	15	0,2181	0,0705	0,3658	0,1	1,17	1,0680	0,26660	0,068
	MDH	15	9,9895	8,2186	11,7603	6,84	16,42	9,5790	3,19769	0,825
	ADH	15	19,5895	17,9214	21,2577	14,14	24,99	10,843	3,01223	0,777

Annexe. 3. Boîtes à moustaches



Annexe.4. Moyen .moindre carrés. Var-pop

