

## QUELQUES POPULATIONS SAHARIENNES DE LUZERNE PERENNE (*Medicago Sativa* L.) FACE A UN STRESS HYDRIQUE

CHAABENA Ahmed<sup>1,3</sup>, LAOUAR Meriem<sup>2</sup>, GUEDIRI Ouarda<sup>3</sup>, BENMOUSSA Ali<sup>4</sup> et ABDELGUERFI Aïssa<sup>5</sup>

1. Laboratoire BioRessources Sahariennes : Préservation et Valorisation, Université. Kasdi MERBAH OUARGLA (Algérie),

2. Laboratoire Physiologie végétale, INRAA et L-RGB, EL HARRACH (Algérie)

3. Département. Sciences de la Nature et de la Vie, Université Kasdi MERBAH OUARGLA (Algérie)

4. Département. Sciences agronomiques, Université. Kasdi MERBAH OUARGLA (Algérie)

5. Laboratoire RGB et Laboratoire CGAF, ENSA, EL-HARRACH (Algérie)

**Résumé:** Le présent sujet porte sur quelques populations sahariennes et une variété introduite de la luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.) soumises à un stress hydrique matérialisé par différentes concentrations en PEG-400, dans le but de comparer leur degré de résistance à la sécheresse.

Pour cela, nous avons retenus quatorze (14) populations et une variété introduite (italienne) pour 05 solutions d'irrigation avec différentes concentrations en PEG (1%, 5%, 10%, 20% et 50%) en plus du témoin (eau distillée).

Les résultats obtenus montrent que le seuil d'adaptation à la sécheresse dépend de la phase de croissance et de la population elle-même. De même, une pression osmotique de l'ordre de 142.8682 bar (50% de PEG) de solution d'irrigation montre un arrêt total de tous les processus de développement chez la majorité des populations, bien qu'il y en ait dont la croissance s'arrête bien avant et d'autres au delà.

Aussi, la plupart des populations sont plus sensibles (taux faibles des paramètres retenus) à la pression nulle (eau distillée) qu'à des basses pressions osmotiques.

Nous avons décelé des différences très hautement significatives entre les populations pour les paramètres étudiés. Subséquemment, l'ACP et la CAH, nous ont permis de mettre en évidence 04 groupes de populations en fonction de leurs résistances à la sécheresse, prenant en considération tous les résultats obtenus pour les différents paramètres :

- **Groupe 1 (très faible résistance) :** Italie ;
- **Groupe 2 (faible résistance) :** Janet, In Salah, Hassi Laabid, Ouargla et Saoudienne ;
- **Groupe 3 (résistance moyenne) :** Aoulef et Tamentit
- **Groupe 4 (résistance élevée) :** Chott, Hassi Ben Abdallah, Blidet Amor, Temacine, Nezla, Meggarine et Lioua

**Mots clés :** *Medicago sativa*, PEG, Stress hydrique, Sécheresse, Sahara

## SOME SAHARAN POPULATION OF PERENNIAL ALFALFA (*MEDICAGO SATIVA* L.) AGAINST A MOISTURE STRESS

**Abstract:** This topic covers some Saharan populations and an introduced variety of perennial alfalfa (*Medicago sativa* L.) subjected to moisture stress materialized by different concentrations of PEG-400 in order to compare their degree of drought resistance.

For this, we selected fourteen (14) populations and a variety introduced (Italian) for 05 irrigation solutions with different concentrations of PEG (1%, 5%, 10%, 20% and 50%) in addition to the control (distilled water).

The results show that the threshold for adaptation to drought depends on the growth phase and the population itself. Similarly, an osmotic pressure of approximately 142.8682 bar (50% PEG) of irrigation solution shows a total cessation of all development processes in most populations, although there is that growth stops well before others and beyond.

Also, most people are more sensitive (low levels of the used parameters) to zero pressure (distilled water) at low osmotic pressures.

We found very highly significant differences between populations for the studied parameters. Subsequently, the Principal Component Analysis (PCA) and hierarchical ascending classification (HAC), allowed us to identify 04 groups of population based on their resistance to drought, taking into consideration all the results obtained for the different parameters:

- **Group 1 (very low resistance):** Italy;
- **Group 2 (low resistance):** Janet, In Salah, Hassi Laabid, Ouargla and Saudia;
- **Group 3 (medium resistance):** Aoulef and Tamentit;

- **Group 4 (high resistance):** Chott, Hassi Ben Abdallah, Blidet Amor, Temacine, Nezla, Meggarine and Lioua

**Keywords:** *Medicago sativa*, PEG, Moisture stress, Drought, Sahara

## Introduction

La production agricole dans le monde est fortement limitée par des stress abiotiques tels que la température, la salinité et la toxicité aluminique [1]. La principale de ces contraintes est la sécheresse, qui touche la plus grande partie de l'Algérie; elle provoque généralement des chutes importantes des rendements, et également des variations d'une campagne à l'autre [2]. Un examen détaillé de la structure du bilan fourrager en Algérie a permis de relever que le taux de couverture des besoins du cheptel algérien se situe à moins de 80 % pour une offre estimée à 8 milliards d'unités fourragères en 2001 [3]. Ce déficit fourrager a des répercussions négatives sur la productivité des animaux et se traduit par un recours massif aux importations de produits animaux à l'instar des produits laitiers et carnés [3].

La luzerne est une des plantes fourragère les plus répandues sur tous les continents, son importance est justifiée par quatre raisons, elle constitue selon [4] :

- Une source d'azote pour d'autres cultures d'assolement.
- Une culture propre à améliorer les sols.
- Une source complète d'éléments nutritifs pour la production de viande et de lait.
- Un aliment de haute qualité pour les chevaux.

Les ressources en eau sont limitées et la recherche des plantes plus adaptées à la sécheresse est un enjeu fondamental pour la production agricole dans les prochaines décennies [5].

En zone aride, plus qu'ailleurs, l'économie d'eau est impérative et l'utilisation de plantes résistantes ou tolérantes au déficit hydrique est une fin en soi, d'autant qu'à ce déficit, un autre handicap, qu'est la salinité des sols et/ou des eaux d'irrigation, entrave l'expression des performances génétiques des cultures.

De ce fait, il serait intéressant d'approcher le comportement de différentes variétés/populations, espèces et genres en réponse au stress hydrique, dans le but d'évaluer leur degré de résistance.

Pour ce, nous nous sommes proposés d'approcher l'influence du stress hydrique sur les premiers stades phénologiques de populations sahariennes et variétés introduites de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.): germination, apparition des feuilles et longueur de tigelle. A noter que ce travail, fait partie d'autres travaux en cours qui portent tous sur l'inventaire et la caractérisation du patrimoine phytogénétique des Fabacées fourragères, notamment la luzerne pérenne, au Sahara algérien.

## 1. Matériels et méthodes

### 1.1. Matériel végétal

Le matériel végétal retenu pour notre essai est composé de 14 populations sahariennes locales de luzerne pérenne (*Medicago sativa* L.), et deux (02) sont introduites, l'une saoudienne et l'autre italienne.

Les quatorze (14) populations ont été collectées auprès d'agriculteurs semenciers au niveau des localités que portent les populations, sauf la variété italienne :

- Janet
- In Salah
- Aoulef
- Sidi Youcef (Tamentit)
- Hassi Laabid (El Meniaa)
- Ouargla
- Saoudite mais cultivée et récoltée à El Meniaa
- Chott (Ouargla)
- Hassi Ben Abdallah (Ouargla)
- Blidet Amor (Touggourt)
- Temacine (Touggourt)
- Nezla (Touggourt)
- Meggarine (Touggourt)
- Lioua (Biskra)

La variété d'Italie (dont le nom est inconnu) est vendue par les semenciers.

## 1.2. Produit chimique

Dans notre cas, nous avons retenu le Polyéthylène glycol (PEG) 400. Le produit est utilisé sous forme liquide, commercialisé dans des flacons en verre teintés et bien fermés, portant les informations suivantes :

- PEG400 –  $\text{CH}_2\text{OH} (\text{CH}_2\text{OCH}_2)_n \text{CH}_2\text{OH}$
- $D = 1.13$

Les polyéthylènes glycols (PEG) sont solubles dans l'eau. Les PEG 200 et PEG 400 sont liquides à température ambiante. Leur viscosité leur permet une rapide diffusion dans les matériaux organiques humides. Les PEG sont des produits cryoprotecteurs (cryo = froid) qui pendant la lyophilisation limitent les effets de gonflement du matériau lorsque l'eau liquide présente dans le bois se transforme en glace. Pour permettre un séchage de l'objet sans risque de déformation, la durée d'imprégnation varie de plusieurs semaines à plusieurs mois selon les dimensions de la

pièce, l'état de dégradation du matériau et la méthode de séchage utilisée [6].

## 1.3. Méthodes

### 1.3.1. Préparation des solutions de PEG

La solution de PEG à un potentiel osmotique donné, est préparée en faisant dissoudre la quantité « volume » dans l'eau distillée. Les solutions à préparer sont : 01 %, 05%, 10%, 20%, et 50%, en plus du 0% (eau distillée) comme témoin.

Les concentrations en PEG des solutions et leurs équivalences en pressions osmotiques (en bar) sont présentées dans le **tableau 01**.

**Tableau 01 :** Les concentrations en PEG 400 des solutions et leurs équivalences en pressions osmotiques

Les concentrations en PEG 400	Les pressions osmotiques (bar)
01%	2.4318
05%	3.69836
10%	8.278253
20%	21.27825
50%	142.8682

D'après [7], il y a une relation entre la taille des pores et la tension de succion nécessaire pour les vider de leur eau ainsi que leurs correspondances d'état d'humidité du sol ; et nous les présentons au niveau du **tableau 02**.

**Tableau 02 :** Relation entre la taille des pores et la tension de succion

Taille des pores ( $\mu\text{m}$ )	Tension de succion (bar)	Commentaire
60 – 30	0.005	Tension de succion à la capacité au champ
02	1.5	Limite de pores

		contenant de l'eau facilement utilisable
0.2	15	Point de flétrissement
0.003	1000	Tension de succion d'un sol sec à l'air

**1.3.2. Test de germination**

Le test de germination au laboratoire a pour but de déterminer la capacité de développement de l'embryon après une période d'incubation. Pour les tests de germination on a retenu trois (03) répétitions avec 50 graines par boîte de Pétri de 9.5 cm de diamètre, sur un papier filtre arrosé par l'eau distillée comme témoin et les autres boîtes par les différentes solutions de PEG. Les boîtes sont ensuite placées dans une étuve maintenue à 27°C, et lorsqu'il est nécessaire les semences sont réalimentées avec leurs solutions respectives.

La durée de l'expérience recommandée pour les semences de luzerne est de 06 jours [8], pendant laquelle on compte quotidiennement le nombre de graines germées (germination physiologique).

**1.4. Paramètres retenus**

Les paramètres retenus, à la fin du test, sont :

- Le taux de germination ;
- Le taux d'apparition des feuilles ;
- La longueur minimale et la longueur maximale de la tigelle.

**1.5. Analyses statistiques**

Nous nous proposons d'appliquer deux analyses statistiques à nos résultats :

- L'Analyse en Composantes principales (ACP)
- La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

Et pour réaliser toutes ces analyses statistiques, nous avons retenu la codification des variables au niveau du tableau 03.

**Tableau 03 :** Codification des variables pour les paramètres retenus

Les solutions de PEG-400	Taux de germination		Taux d'apparition des feuilles		Longueur minimale de la tigelle		Longueur maximale de la tigelle	
	N°Variable	Code	N°Variable	Code	N°Variable	Code	N°Variable	Code
0%	1	G0	7	A0	13	N0	19	X0
1%	2	G1	8	A1	14	N1	20	X1
5%	3	G5	9	A5	15	N5	21	X5
10%	4	G10	10	A10	16	N10	22	X10
20%	5	G20	11	A20	17	N20	23	X20
50%	6	G50	12	A50	18	N50	24	X50

## 2. Résultats et discussions

### 2.1 L'Analyse en composantes principales

Avant de commenter l'analyse en composantes principales proprement dite, nous observons la contribution de chaque axe et la part expliquée par chacun d'entre eux (Tableau 04).

**Tableau 04 :** Valeurs propres avec le pourcentage de variabilité et le pourcentage cumulé porté sur chaque axe

Les axes	Valeur propre	Variabilité (%)	% cumulé
F1	8,811	36,713	36,713
F2	4,072	16,968	53,681
F3	3,148	13,116	66,797
F4	2,035	8,481	75,278

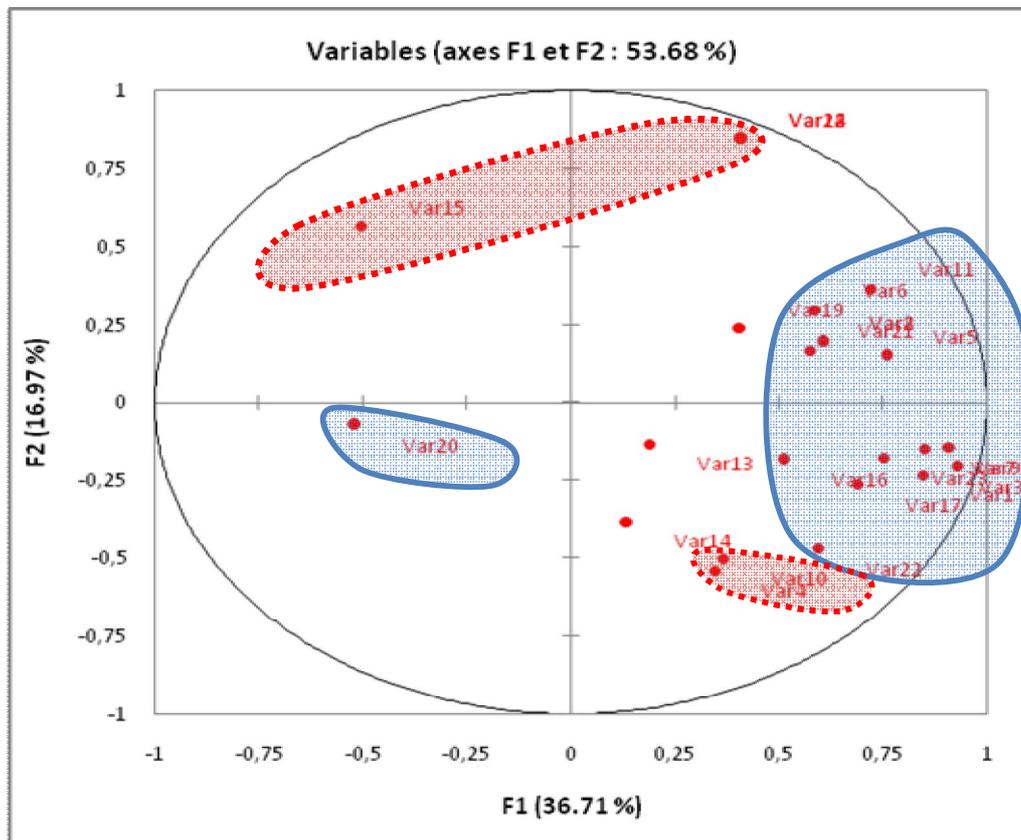
Le plan principal est celui formé par les axes 1 et 2 sur lequel il y a le maximum

d'information (53,681% d'information générale).

Les variables qui contribuent le plus à ces axes sont respectivement :

- G0 (1), G1 (2), G5 (3), G20 (5), G50 (6), A0 (7), A1 (8), A5 (9), A20 (11), N10 (16), N20 (17), X1 (20), X5 (21), X10 (22) et X20 (23), ont contribué le plus à la formation de l'axe 1.
- Pour l'axe 2 : G10 (4), A10 (10), A50 (12), N5 (15), N50 (18) et X50 (24).

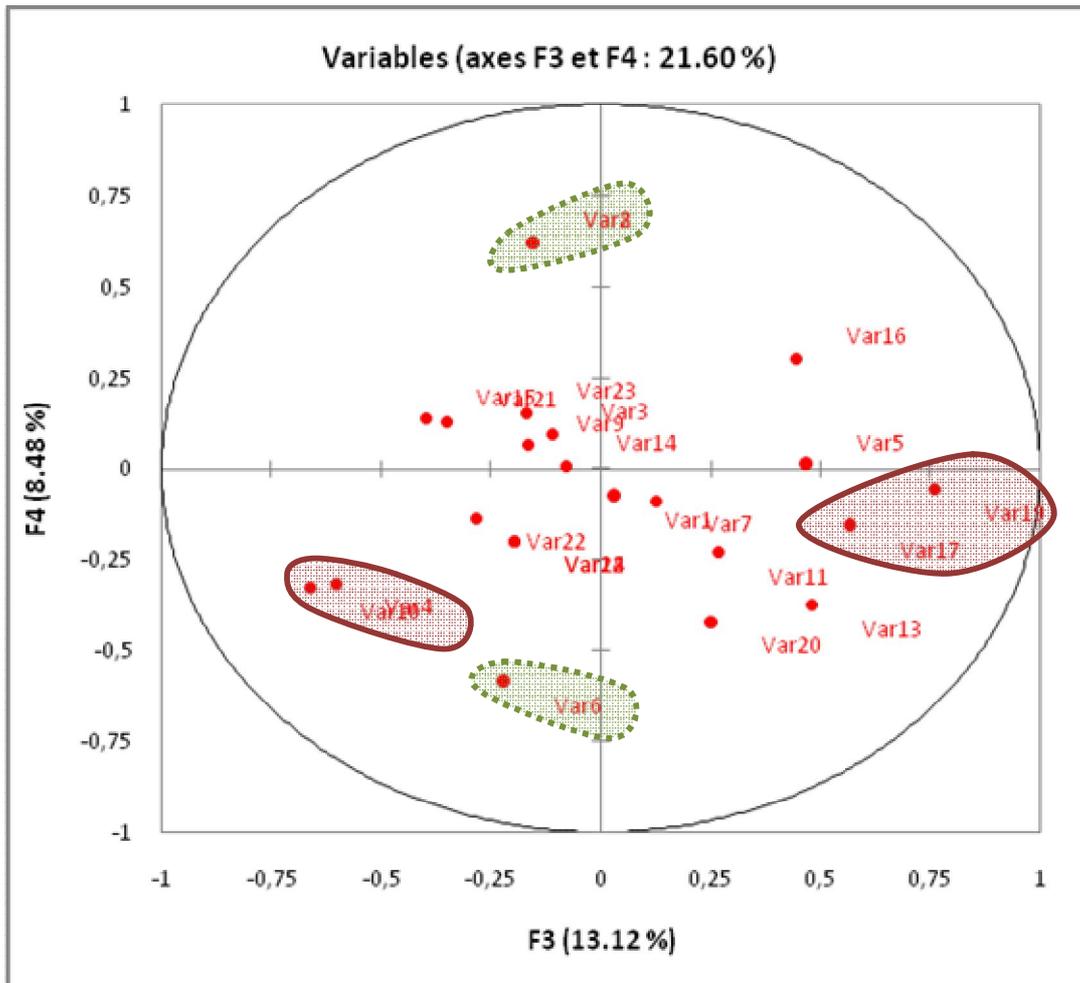
Sur le cercle de corrélation (figure 01) on trouve que toutes les variables qui contribuent à l'axe 1 sont de côté positif, sauf la variable X1 (20) qui est du côté négatif.



**Figure 01 : Cercle de corrélation du plan 1-2**



variable G50 (6) se trouve dans le côté négatif.



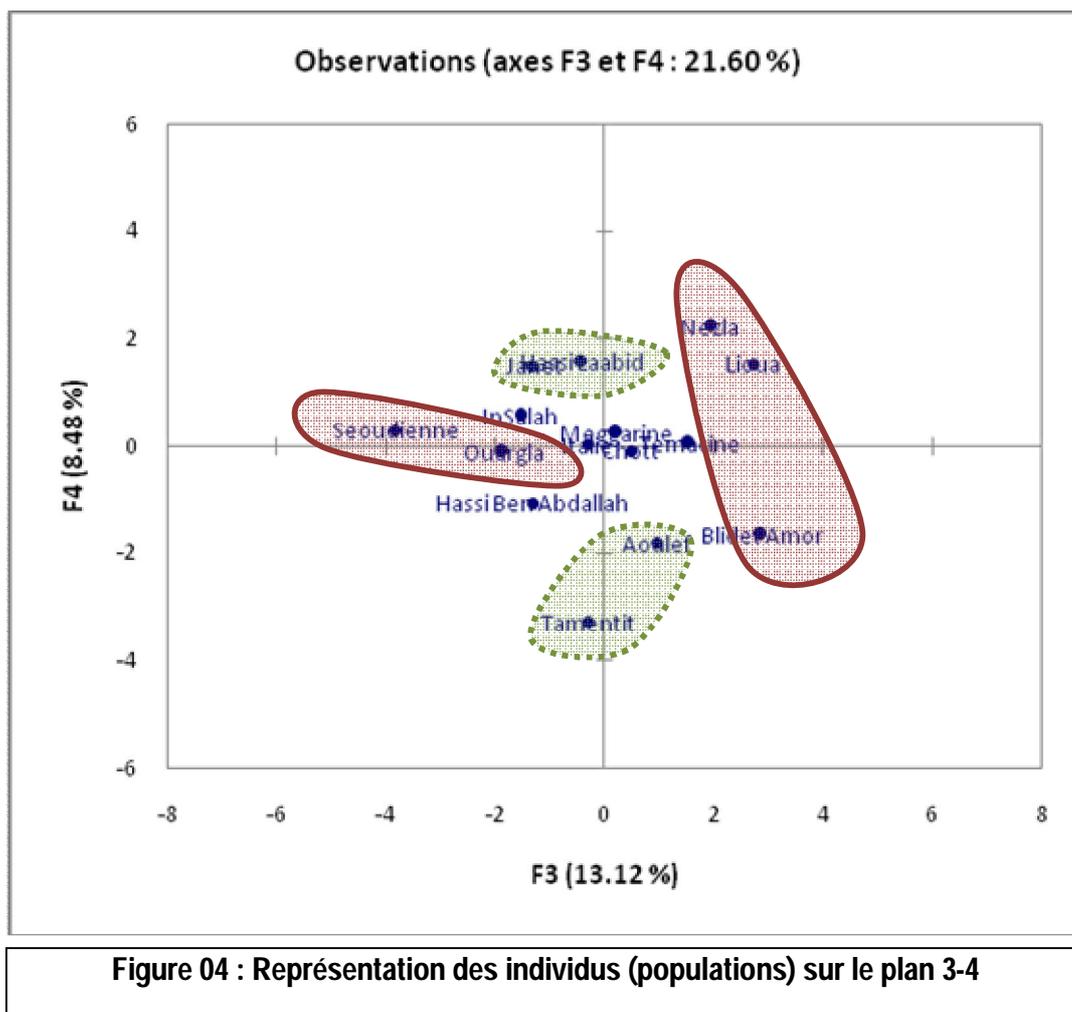
**Figure 03 : Cercle de corrélation de plan 3-4**

Tandis que les individus qui contribuent le plus à la formation des axes (figure 04) sont :

- L'axe 3 est caractérisé par les individus Ouargla (6) et Saoudienne (7) sont du côté négatif, par contre les populations Blidet Amor (10),

Nezla (12) et Lioua (14) sont de côté positif.

- L'axe 4 est caractérisé par : les deux populations Janet (1) et Hassi Laabid (5) se trouve du côté positif de cet axe, mais les deux autres qui sont Aoulef (3) et Tamentit (4) sont du côté négatif.



Suite à ces deux analyses, les populations qui sortent de l'ensemble sont :

- Temacine (11) : caractérisée par une valeur importante des variables G0 (1), G1 (2), G5 (3), G20 (5), G50 (6), A0 (7), A1 (8), A5 (9), A20 (11), N10 (16), N20 (17), X5 (21), X10 (22) et X20 (23) et une faible valeur de la variable X1 (20).
- Italie (15) : caractérisée par une valeur élevée de la variable X1 (20) et une valeur faible pour les variables G0 (1), G1 (2), G5 (3), G20 (5), G50 (6), A0 (7), A1 (8), A5 (9), A20 (11), N10 (16), N20 (17), X5 (21), X10 (22) et X20 (23).
- Hassi Ben Abdallah (9) : caractérisée par une forte valeur des variables A50 (12), N5 (15), N50 (18) et X50 (24), et une faible valeur des variables G10 (4), A10 (10).

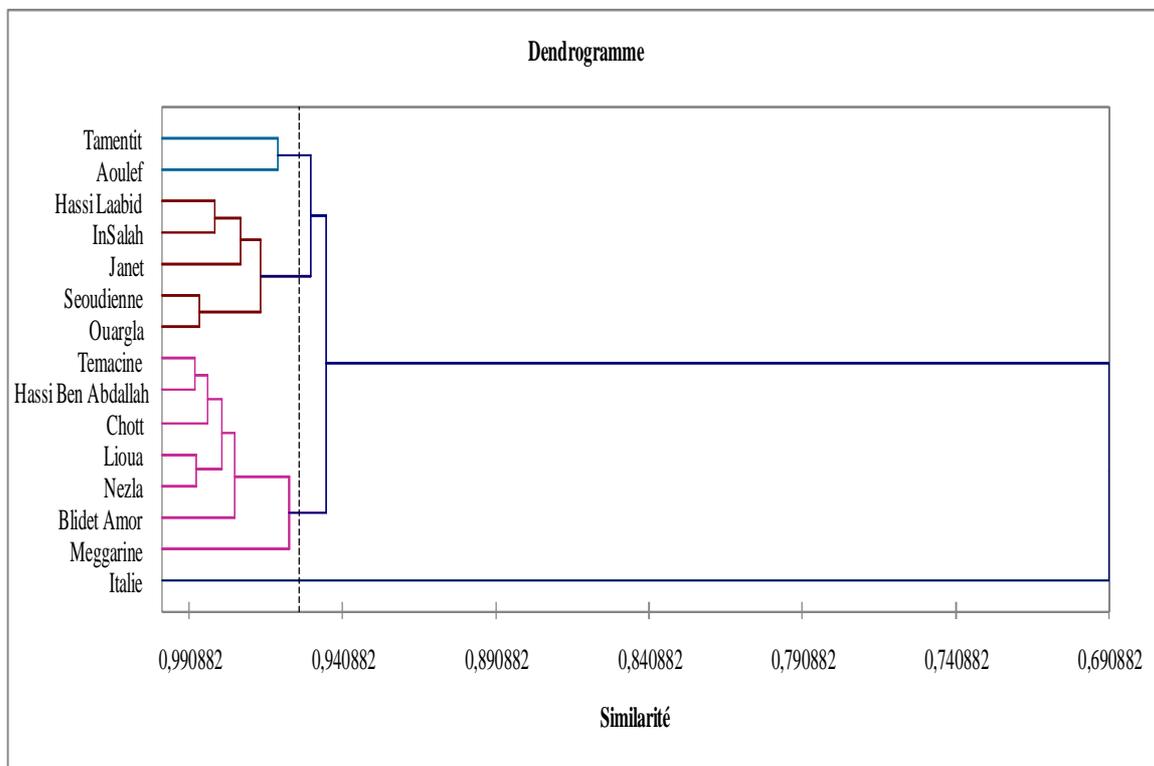
- Ouargla (6) et Saoudienne (7) : caractérisées par une valeur importante des variables G10 (4) et A10 (10), et par une faible valeur des variables N20 (17) et X0 (19).
- Nezla (12), Blidet Amor (10) et Lioua (14) : caractérisées par une valeur élevée des variables N20 (17) et X0 (19) et une faible valeur des variables G10 (4) et A10 (10).
- Janet (1) et Hassi Laabid (5) : caractérisées par une valeur élevée des variables G1 (2) et A1 (8) et une faible valeur de la variable G50 (6).
- Aoulef (3) et Tamentit (4) : caractérisées par une valeur élevée de la variable G50 (6), au contraire des variables G1 (2) et A1 (8) ayant une faible valeur.

Les populations qui ne présentent aucune performance qui pourraient les démarquer

de l'ensemble sont : In Salah (2), Chott (8), Temacine (11), Hassi Ben Abdallah (9), Meggarine (13) et Italie (15).

L'analyse du dendrogramme des populations (figure 05) nous permet de distinguer 04 classes, chaque classe forme un ou plusieurs ensembles d'individus (populations étudiées).

**2.2. La classification ascendante hiérarchique (CAH)**



**Figure 05 : La classification ascendante hiérarchique (CAH)**

De la sorte, suite aux résultats de la CAH nous pouvons classer les populations en fonction de leurs degrés de résistance à la sécheresse (tableau 05).

<b>3<sup>ème</sup> Classe</b>	Aoulef, Tamentit.	Moyen
<b>4<sup>ème</sup> Classe</b>	Chott, Hassi Ben Abdallah Blidet Amor, Temacine, Nezla, Meggarine, Lioua.	Bon

**Tableau 05 : Classes des populations par degré de résistance à la sécheresse.**

Classes	Populations	Degré de résistance à la sécheresse
<b>1<sup>ère</sup> Classe</b>	Italie	Très faible
<b>2<sup>ème</sup> Classe</b>	Janet, In Salah, Hassi Laabid, Ouargla, Saoudienne.	Faible

La germination et l'apparition des plantules en condition de stress hydrique montrent le potentiel génétique de tolérance à la sécheresse et ceci attribué au moins à ce stade de développement de la plante. Plusieurs chercheurs signalent que l'adaptation des plantes au manque d'eau, soit par la sécheresse ou l'augmentation du taux des sels dans le milieu de culture, peut

être affirmée dans les premiers stades de développement.

[9] et [10] montrent que la germination devient un facteur déterminant pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salins.

[11] et [12] signalent que la plupart des plantes sont plus tolérantes au sel, à la germination, à l'émergence et aux premiers stades de croissance.

[13], [14] et [15], signalent que les stress hydriques influencent les compositions biochimiques des graines, et les résultats du test germinatif sont les premiers indices d'affection.

[16] montre une forte relation entre la disponibilité en eau des sols et le pourcentage de germination des graines de la luzerne. Nous avons observé que l'évolution progressive de la pression osmotique de solution utilisée, indique une diminution importante du taux de germination des graines, et cela peut être expliqué par la tolérance de cette plante à l'augmentation du taux des sels dans le sol. Confirmant d'autres travaux ([9], [10], [17] et [18]), qui ont montré un effet similaire du stress salin sur la germination des grains, par contre le travail réalisé par [19], qui a travaillé sur d'autres populations sahariennes (Sahara algérien) de luzerne, montre que malgré les différentes valeurs progressives de pressions osmotiques au cours de stress hydrique (PEG-400), la germination n'a pas fortement diminuée. Aussi [20] trouvent que l'augmentation de concentration en PEG-6000, traduit une certaine augmentation du taux de germination des graines de l'espèce végétale de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels).

[21] a étudié l'effet du stress hydrique osmotique sur la germination des graines chez les provenances de Cèdre du Liban. Il a utilisé le polyéthylène glycol (PEG-6000) pour préparer les niveaux différents de stress hydrique osmotique suivant les traitements envisagés (0, -2, -4, -6 bars). Il a trouvé que le taux de germination diminue

de 48 % à -2 bars, de 61 % à -4 bars, et de 75 % à -6 bars par rapport au traitement témoin (0 bars). Ces résultats sont similaires aux nôtres.

La sensibilité de la croissance de la surface foliaire à un déficit hydrique modéré, peut être considérée comme un mécanisme adaptatif, intervenant dans le transfert des assimilés qui favorisent la croissance de la racine et améliorant ainsi l'état hydrique de la plante ([22]).

Le travail réalisé par [23] sur différentes variétés de luzerne *Medicago sativa*. L. soumises à deux régimes hydriques, montre que durant la période déficitaire où les précipitations sont moindres par rapport à l'évapotranspiration potentielle (ETP), et le poids de matière sèche (MS) se réduit pour atteindre 0,1 kg/m<sup>3</sup> avec la population de Tamantit.

Nos résultats montrent un effet dépressif de PEG sur l'élongation de la tige pour les quinze populations, ces résultats sont comparatifs à ceux de [24] et [19] qui ont travaillé sur une la même espèce.

[25] et [26] indiquent que la croissance des tiges est plus affectée que celle des feuilles, du nombre de tiges par plant, de l'élongation des tiges, du nombre d'entre-nœuds par tige, de la longueur des entre-nœuds et des ramifications et qui sont tous réduits par le stress hydrique.

[27] et [28] ont trouvé que la sécheresse provoque un certain nanisme des plantes.

Subséquentement, nous relevons un effet dépressif du polyéthylène glycol (PEG-400) sur tous les paramètres de croissance de la luzerne (*Medicago sativa* L.). Nos aboutissements coïncident avec ceux de [19], qui a montré aussi que l'élongation de la tige et de l'apparition des feuilles chez huit populations sahariennes de la luzerne, ont significativement diminué lors de l'augmentation de la concentration en PEG dans la solution d'imbibition. Sauf avec le paramètre de germination. Ces résultats confirment aussi ceux de [24] et [29], qui ont travaillé sur cette plante dans des stades avancés et ont montré que l'effet d'une

efficience d'eau affecte tous les processus de développement de la luzerne.

### Conclusion

Au cours de cet essai, nous avons essayé de voir l'influence du stress hydrique sur le comportement de 14 populations sahariennes et 1 variété introduite de la luzerne (*Medicago sativa* L.) dans les premiers stades de leur développement (germination, apparition des feuilles et élongation de tigelle), en utilisant le Polyéthylène glycol (PEG 400) à différentes concentrations.

Tous les paramètres étudiés sont affectés par le déficit hydrique (concentrations élevées en PEG) et pour toutes les populations.

La réponse des graines à la sécheresse dans les premiers stades de développement (de la germination jusqu'à l'apparition des feuilles), diffère d'une population à une autre.

La plupart des populations présentent un maximum du taux de la germination, de l'apparition des feuilles et de l'élongation de la tigelle, avec des concentrations basses en PEG, où la pression osmotique est estimée entre 2,4318 et 3,69836 bar, et une certaine sensibilité dans le cas d'absence totale de PEG dans la solution d'imbibition. Alors que des concentrations élevées en PEG provoquent une réduction sévère des quatre paramètres.

Les longueurs minimales et maximales sont des paramètres très importants pour choisir avec exactitude la profondeur de semis, et les résultats obtenus nous permettraient de choisir une profondeur de semis en fonction de la pression osmotique.

Les processus de développement à tous les stades se trouvent stoppés à une pression osmotique de l'ordre de 142,8682 bars pour l'ensemble des populations étudiées ; sauf le cas de la population de Hassi Ben Abdallah, qui présente une certaine résistance à ce niveau de pression osmotique. Tandis que pour la population d'Italie, tous les stades de développement sont inhibés pour une

pression osmotique moins élevée (de l'ordre de 21.27825 bars).

En regroupant tous les résultats, grâce à l'ACP et la CAH, quatre groupes distincts se démarquent :

- ✓ Groupe 01 : Italie comme une population à très faible résistance à la sécheresse.
- ✓ Groupe 02 : Janet, In Salah, Hassi Laabid, Ouargla et Saoudienne comme des populations à faible résistance à la sécheresse.
- ✓ Groupe 03 : Aoulef et Tamantit comme des populations ayant une résistance moyenne à la sécheresse.
- ✓ Groupe 04 : Chott, Hassi Ben Abdallah, Blidet Amor, Temacine, Nezla, Meggarine et Lioua comme des populations à résistance élevée à la sécheresse.

Ces résultats obtenus nous permettraient de choisir les populations les plus adaptées au déficit hydrique pour les planter dans des zones où les périodes de sécheresse sont longues et où il y a un déficit en eau d'irrigation ou présentent un sol salin (vu que la sécheresse ou la salinité, bien que faisant intervenir des processus différents, mais engendrent la même finalité qui est le manque d'eau disponible pour les cellules végétale). Mais il faudrait étudier la productivité de la population choisie dans ces conditions.

### Références bibliographiques

- [1]. **Ruivenkamp P., 1994**, La recherche sur la tolérance à la sécheresse" Un processus social. Le Moniteur de la Biotechnologie et du Développement ; 18, 3-6.

- [2]. **Abdelkafi A., Marrakchi M., 2000**, Les ressources phytogénétiques fourragères et pastorales: de l'érosion à la conservation. Cah. Options Méditerran., 45 : 15-27.
- [3]. **Adem R., Ferrah A., 2001**, Les ressources fourragères en Algérie : déficit structurel et disparités régionales. [en ligne]. Alger : GREDAAL (consulté le 13.02.2012); <http://desertification.wordpress.com/2007/03/31/ressources-fourrageres-en-algerie-gredaalcom>
- [4]. **Marble V. L., 1993**, Des fourrages pour le proche Orient : La luzerne, Etude FAO Production végétale et protection des plantes 97/1, FAO, Rome, 237p.
- [5]. **Morard P., 1995**, Les cultures végétales hors sol. Publications Agricoles, Agen, France ; 303
- [6]. <http://www.arcnucleart.fr/lexique/lexique.htm#Poly%8Ethy%8Fne%20glycol>
- [7]. **Rowell D. L., 1994**, Soil science. Methods and applications; Longman Scientific & Technical ; New York : Wiley, 350 p.
- [8]. **ASTA, 1976**, Official microbiology methods of the American spice Trade Association, 1st Ed. Inc. Englewood Cliffs. N.J.
- [9]. **Sheikh K.H., Mahmood K., 1986**, Some studies on field distribution and seed germination of *Sueda fruticosa* and *Sporobolus arabicus* with reference to salinity and sodicity of the medium. Plant and Soil; 94 : 333-40.
- [10]. **Khan M.A., Rizvi Y., 1994**, Effect of salinity, temperature and growth regulators on the germination and early seedling growth of *Atriplex griffithi* var. *stocksii*. Can J Bot; 72 : 475-9.
- [11]. **Maas E.V., Poss J.A., 1989**, Salt sensitivity of wheat at various growth stages. Irrig Sci; 10:29-40
- [12]. **Askri H., Rejeb S., Jebari H., Nahdi H., Rejeb M. N., 2007**, Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèques (*Citrullus lanatus* L) Sécheresse, JLE; 18 (1), 51-5.
- [13]. **Masse J., 1981**, La maturation du blé dépend surtout du climat ; Perspect agric ; 51, 13-19
- [14]. **Dubois J.-J., 1989**, Espaces et milieux forestiers dans le Nord de la France – Etude de biogéographie historique, Thèse d'Etat, Paris, Université de Paris I, 11-15.
- [15]. **Casals, M.L., 1996**, Introduction des mécanismes de résistance à la sécheresse dans un modèle dynamique de croissance et de développement du blé dur. Thèse de Doctorat de l'INRA Paris Grignon ; 93p.
- [16]. **Mauriès M., 2003**, Luzerne : culture, récolte, conservation et conservation. Ed. France Agricole ; Paris ; 240p.
- [17]. **Belkhodja M et Bidai Y., 2004**, Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de germination" Sécheresse ; 15 (4) pp 31-05.
- [18]. **Aissaoui H. S. et Reffas S., 2007**, Effet de stress salin sur la productivité de populations sahariennes locales de la luzerne (*Medicago sativa* L.) ; Mem. Ing. Agr. Sah., université Kasdi Merbah Ouargla ; 71p.
- [19]. **Guediri O., 2007**, Effet de stress hydrique sur quelques paramètres phénologiques de la luzerne (*Medicago sativa* L.) ; Mem. Ing. Bio., université Kasdi Merbah Ouargla ; 59p.
- [20]. **Tazi M.R, Berrichi A et Haloui B., 2003**, Effet du polyéthylène glycol sur la germination et la croissance in vitro de l'arganier (*Argania spinosa* L. Skeels) des Beni-Snassen (Maroc oriental) ; Science et changements planétaires / Sécheresse ; 14 :1 ; 23-27.
- [21]. **Hüseyin D., 2000**, Effet du stress hydrique osmotique sur la germination des graines chez les provenances de Cèdre du Liban (*Cedrus libani* A. Rich.) d'origine Turquie ; Université d'Istanbul, Faculté Forestière, 80895 Bahçeköy, Istanbul, Turquie. Ann. For. Sci.; 57; 361-367.
- [22]. **Fereres F., 1984**, Variability in adaptive mechanisms to water deficits in annual and perennial crop plants; bull soc. Bot.; 131; 17-32.
- [23]. **Khelifi H.E., Khedim A., Merabet B.A., Benmessaoud A., Hadj-Omar K.,**

**Nabi M., Alouane Y., Lazali M., Bellague D., Oumata S., Laouar M., M'Hammedi Bouzina M., Abdelguerfi A., 2008,** Résultats préliminaires de production et d'efficience d'utilisation de l'eau chez des cultivars de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) en régime hydrique pluvial et irrigué / In Sustainable Mediterranean Grasslands and their Multi-Functions Proceeding of 12th Meeting of the Sub-network on Mediterranean Forage Resources of the FAO-CIHEAM, Elvas (Portugal), 9-12 April 2008. Options Méditerranéennes; Série A, n° 79, 323-327.

**[24]. Medjoubi A., 1988,** Effet du déficit hydrique sur la production et la teneur en proline de deux luzernes annuelles (*Medicago aculeata* et *M. scutellata*) ; Mém Ing Agr, INA El Harrach ; p.72.

**[25]. Hanson C.H. and Kehr W.R., 1972,** Alfalfa science and technology, American Society of Agronomy; 812 p.

**[26]. Siakhene N., 1984,** Effet de stress hydrique sur quelque espèces de Luzernes annuelles ; Mém Ing Agr, INA El Harrach ; 1-84

**[27]. May L.H. et Milthorpe F.L., 1962,** Drought resistance of crops plants; Field Crop Abstr.; 15, 171-179.

**[28]. Nemmar M., 1983,** Contribution à la résistance à la sécheresse chez les variétés de blé dur (*Triticum durum* L.). Evolution des teneurs en proline au cours du cycle de développement ; Mém Ing Agr, INA El Harrach; p.108.

**[29]. Hireche Y., 2006,** Réponse de la luzerne (*Medicago sativa* L.) au stress hydrique et à la profondeur de semis ; Mém Mag Agr, université Hadj Lakhdar Batna ; 83p.