

EFFET DE L'INTENSITÉ DE LA CONTRAINTE HYDRIQUE SUR LA GERMINATION DE *Ziziphus lotus* (L.) LAM. DES RÉGIONS ARIDES DE LA TUNISIE

ZOUAOUI Refka^{1,2,3*}, KSONTINI Mustapha² et FERCHICHI Ali³

⁽¹⁾Faculté des Sciences, Université de Tunis El Manar, Tunisie

⁽²⁾Laboratoire d'Ecologie Forestière (écophysiologie végétale)

Institut National des Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts

Rue Hédi EL Karray El Menzah IV, 1004 Tunis BP 10 Ariana 2080, Tunisie

⁽³⁾Laboratoire d'Arboricultures et Cultures Oasiennes

Institut des Régions Arides, Médenine 4119, Tunisie

E-mail: zlotus1606@gmail.com

Résumé.- L'étude porte sur la germination de *Ziziphus lotus* (L.) Lam., sous l'effet de la contrainte, hydrique en appliquant différentes concentrations de PEG₆₀₀₀ sur des semences issues des régions arides de la Tunisie. Au vue des résultats, la germination est d'autant plus faible que le stress hydrique s'accroît. Le taux maximal de la germination est obtenu (100%) pour le témoin (0PEG) en provenance du Parc National de Bouhedma (Z₁). Par contre, les pourcentages les plus faibles sont enregistrés pour le traitement à -10 bars. La phase de latence augmente avec la contrainte hydrique, dont la plus étendue (7 jours) est notée avec -10 bars pour la provenance de Matmata (Z₃). Pour l'ensemble des traitements, il ressort que la capacité germinative varie entre les provenances et en fonction du potentiel osmotique. Il est noté une diminution de la vitesse et de la capacité germinative en parallèle avec l'augmentation du temps de latence, essentiellement au niveau des traitements -6, -8 et -10 bars.

Mots clés: *Ziziphus lotus* (L.) Lam., germination, contrainte hydrique, régions arides

EFFECT OF WATER STRESS INTENSITY ON GERMINATION OF *Ziziphus lotus* (L.) LAM FROM ARID LAND OF TUNISIA

Abstract.- Our study focuses on the germination of *Ziziphus lotus* (L.) Lam., Under water stress by applying different concentrations of PEG₆₀₀₀ on seeds from arid regions of Tunisia. We recorded that germination is even lower then water stress increases. The maximum rate of germination obtained was (100%) for the control of the National Park from Bouhedma (Z₁). while the lowest percentages were recorded for treatment (-10) bars. The lag phase increases with water stress, the most extended (7 days) is recorded with (-10) for the bars from Matmata (Z₃). For all treatments, it appears that the germination capacity varies among locations and depending on the osmotic potential. There is a decrease in the rate and germination capacity in parallel with the increase in latency mainly in treatments (-6, -8) and -10 bars.

Key words: *Ziziphus lotus* (L.) Lam., germination, water stress, arid land.

Introduction

La situation actuelle des zones arides et désertiques de la Tunisie (trois quarts de la superficie) est en recul rapide du couvert végétal naturel associé, à une érosion de la diversité biologique [1,2,3,4]. Cette décadence attribuée notamment aux conditions environnementales

stressantes, au défrichage et au surpâturage, se traduit par des effets de plus en plus néfastes sur les plans écologique (désertification) et économique. Pour cette raison, il faut améliorer le couvert végétal et résoudre les problèmes de régénération de certaines essences forestières en zones arides, en particulier *Ziziphus lotus*. Le Jujubier de Berberie [*Ziziphus lotus* (L.) Lam.], est de la famille des Rhamnacees. Cette espèce spontanée est à usage multiple. Depuis l'antiquité, elle est utilisée comme nourriture, ses fruits (nebeg) sont appréciés comme friandise et comme aliment [5]. En Tunisie, le jujubier est considéré comme plante médicinale fréquemment utilisée en médecine traditionnelle, et même dans les rites religieux [5,6]. Des travaux récents ont montré les activités anti-inflammatoires, les activités analgésiques et antispasmodiques [7,8]. Son bois est utilisé comme matériau de construction. Le jujubier est également considéré comme une espèce pastorale et fruitière appréciée par les ovins, les bovins, les camélidés et les caprins [9,10].

Cette espèce est utilisée dans la lutte contre l'ensablement (l'amélioration des sols dégradés). Elle intervient dans la fixation des substrats mobiles par l'émission de ses rameaux en dehors des sols [11]. De plus, elle constitue un abri pour les animaux (les rongeurs, les insectes et les reptiles), et permet l'installation d'une flore nitrophile. Ces caractéristiques font de *Z. lotus* un arbuste de valeur universelle aux surfaces écologiques arides et semi-aride.

Cette espèce est un buisson hémisphérique très épineux à feuilles caduques qui atteint 2-5 m de hauteur et se trouve dans les dépressions avec le sol arénacé profond. Elle se rencontre près de la Méditerranée avec une faible pénétration dans le Sahara septentrional. En Tunisie, elle s'étale jusqu'à l'extrême sud du pays et classée comme autochtone des régions arides caractérisées par un climat sévère où les saisons sèches sont très prolongées. En plus, l'action anthropique constitue une menace progressive sur le patrimoine végétal.

Concernant sa propagation, *Z. lotus* se multiplie par voie végétative (drageonnage) qui peut être un facteur limitant sa dispersion et l'occupation du milieu. C'est une espèce à faible propagation par semis (voie sexuée) [12]. Dans des conditions naturelles, sa germination est rare, voir nulle car les semis nécessitent le traitement des noyaux par les sucs digestifs des animaux. Des études récentes portant sur la germination de cette espèce, rapportent que son optimum thermique est de 35°C avec un taux de 100% [6,13]. Elle présente aussi une large amplitude thermique (entre 15 et 45°C) [14].

En plus, cet arbuste est relativement tolérant au stress hydrique en phase germinative puisque la valeur limite du potentiel hydrique permettant une germination est de -1MPa [13]. La capacité germinative et la vitesse de germination diminuent au fur et à mesure que l'intensité du stress hydrique augmente. Des essais de reprise de germination [12] ont montré que ses semences sont capables de conserver leur viabilité et d'initier la germination suite à leur transfert dans l'eau distillée après un séjour dans des solutions de PEG₆₀₀₀ à osmolarité croissante.

Des études signalent chez *Z. lotus*, une profondeur d'enterrement des graines relativement importante (4 cm) [13]. Des travaux relatifs à la dynamique de la végétation en Tunisie steppique ont mis l'accent sur l'intérêt des solutions qui doivent être recherchées pour résoudre les problèmes posés par la germination des semences [2,15], où ses caractéristiques sont fortement impliquées dans la sélection pour l'adaptation des végétaux aux conditions du

milieu [16,17]. Il convient ainsi de protéger cette espèce menacée de disparition (appartient au patrimoine génétique) et d'assurer sa meilleure multiplication afin de diminuer l'ampleur de la régression de ses aires dans les régions arides de la Tunisie. Dans ce contexte, on s'intéresse au comportement germinatif de *Z. lotus* face à la contrainte hydrique, facteur indésirable dans les régions arides.

1.- Matériel et méthodes

Il est utilisé des semences de *Z. lotus* issues de trois sites du sud tunisien (Z_1 : Parc National de Bouhedma situé dans l'aride supérieur, Z_2 : Médenine représentant l'aride inférieur et Z_3 : Matmata dans le saharien supérieur tunisien) (tab. I).

Tableau I.- Détails des conditions climatiques des trois provenances de *Z. lotus* des régions aride de Tunisie

Stations	Sites	Bioclimats	Variantes
Z_1 : Parc National de Bouhedma	Sidi bouzid	Aride supérieur	Hiver doux
Z_2 : Amra 8 km de Médenine	Médenine	Aride inférieur	Hiver doux
Z_3 : Matmata	Gabes	Saharien supérieur	-

Comme pour le reste de la région aride, la superficie du Parc National de Bouhedma (Z_1) est caractérisée par une irrégularité spatio-temporelle des pluies qui dépassent rarement 100 mm/an. Ces dernières tombent essentiellement durant l'hiver (décembre, janvier) avec une moyenne annuelle comprise entre 100 et 200 mm [18] et un maximum de 300-320 mm au sommet de Djebel, la zone du Borj devant recevoir 180-200 mm/an [19]. La température moyenne annuelle enregistrée à Bouhedma est d'environ 17,2°C, tandis que la moyenne des maxima des mois les plus chauds (juillet, août) est de 36,2°C, et la moyenne des minima des mois les plus froids (décembre, janvier) est de 3,8°C [18,10]. D'après Belhaj Kacem *et al.* (1994) [20], en été, la température grimpe à 45°C à l'ombre et en hiver, pendant les nuits claires, elle peut descendre en dessous de 0°C.

La zone de Médenine (Z_2) est aride avec un climat typiquement méditerranéen, caractérisé par des précipitations irrégulières et une période estivale sèche et dure. La précipitation annuelle est d'environ 186 mm et la température moyenne annuelle est de 19,4°C avec une température minimale de 3,9°C en janvier et 35,9°C au plus en août.

Les semences de *Z. lotus* sont stérilisées à l'eau de javel. Il est effectué un stress hydrique en utilisant une solution contenant différentes concentrations de PEG₆₀₀₀ (Polyéthyléneglycol: HOCCH₂ (OCH₂CH₂) qui est un agent osmotique relativement stable, inerte bien soluble dans l'eau et non toxique. Les différentes solutions sont préparées suivant 6 niveaux de potentiel hydrique (0, -2, -4, -6, -8 et -10 bars), obtenus selon la formule de l'équation de Mickel et Kaufman (1973)[21]:

$$\Psi_h = - (1.118 \cdot 10^{-2}) C - (1.118 \cdot 10^{-4}) C^2 + (2.67 \cdot 10^{-4}) CT + (18.39 \cdot 10^{-7}) C^2 T$$

Ψ_h : Potentiel hydrique (bar)

T: Temps d'incubation (°C),

C: Concentration de PEG ajoutée à la solution correspondant aux différents potentiels hydriques recherchés.

L'étude est effectuée en conditions contrôlées dans une chambre de culture. La température est maintenue constante (30°C = température optimale) à l'obscurité totale. Chaque essai est réalisé sur 100 semences, réparties en 5 répétitions de 20 graines chacune.

Le suivi de la germination est réalisé sur une période de 3 semaines en relevant le nombre de graines germées du semis à la fin de l'expérimentation, ce qui constitue la cinétique de germination. Ces relevés ont également permis de calculer la capacité germinative (CG) qui est le pourcentage des semences capables de germer dans des conditions d'expérimentation bien définies [22, 23]. C'est aussi le taux maximal de germination en pourcentage.

$$CG = NGG / NGT * 100$$

NGG: nombre de graines germées

NGT: nombre total de graines

Délai de germination: le temps nécessaire à la manifestation de la germination ou phase de latence [22].

La vitesse de germination: elle s'exprime par le coefficient de Vitesse de Kotowski.

$$CV = \left(\frac{\sum ni}{\sum (ni + nj)} \right) x 100$$

ni est le nombre de semences germées par jour,

ji, et ji : nombre de jours après l'ensemencement.

$$\text{Temps moyen de germination: } TMG = \frac{1}{CV} x 100$$

Le seuil critique de germination désigne le seuil critique de la contrainte hydrique, c'est la concentration du PEG₆₀₀₀ à partir de laquelle aucune germination n'est possible. Cette valeur, se détermine à partir de la régression linéaire entre le taux final de germination et la concentration en PEG₆₀₀₀ du milieu de culture.

Le traitement statistique des résultats est réalisé grâce au logiciel SPSS [24]. L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance (ANOVA) pour examiner l'effet de la contrainte de l'eau et l'effet provenance sur les paramètres de la germination. Elle est complétée par le test de Duncan ($\alpha=0.05\%$) qui a permis de faire une comparaison des provenances

2.- Résultats

2.1.- Influence de la contrainte hydrique sur la cinétique de la germination

La cinétique de la germination en conditions de stress osmotique est présentée par la figure 1.

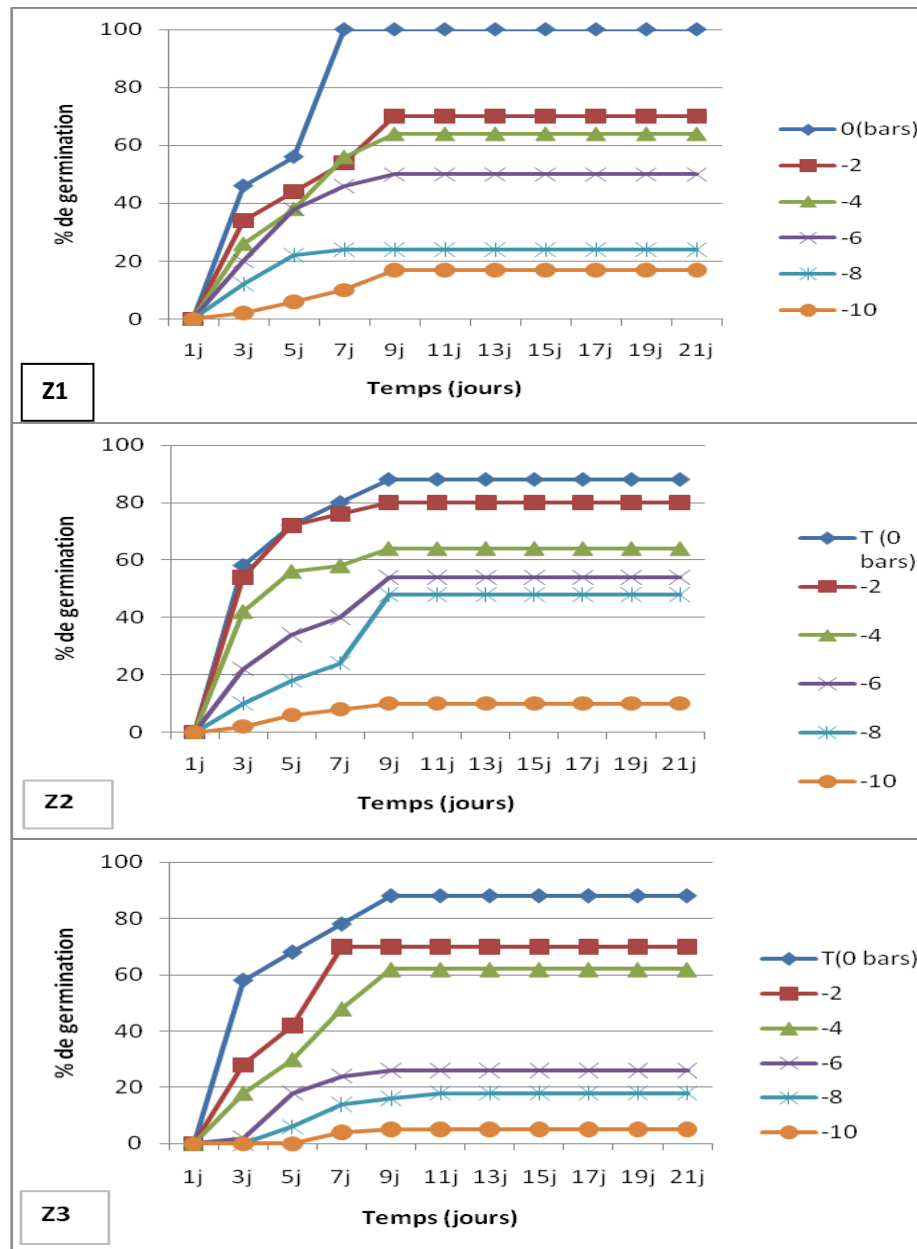


Figure 1.- Evolution de la capacité germinative cumulée des semences de *Z. lotus* (provenances Z₁, Z₂ et Z₃) à différents niveaux de la contrainte hydrique (n=5)

Pour le témoin, les courbes de cinétique de germination affichent les trois phases classiques de la germination: latence, accélération exponentielle et enfin palier correspondant

à un arrêt de germination après avoir atteint la capacité germinative maximale. L'effet dépressif du déficit hydrique sur la germination se manifeste au cours de l'une ou de l'ensemble de ces trois phases, selon le degré d'abaissement du potentiel hydrique et la provenance étudiée. Il se traduit par un ralentissement de la vitesse visible dès le traitement -2 bars et qui s'accroît par la suite. La phase de latence la plus étendue (5 jours) est obtenue à -10 bars pour Z_3 et de 3 jours pour Z_1 et Z_2 .

L'analyse de la variance a permis de révéler un effet provenance et un effet traitement hautement significatif (tab. II).

Tableau II.- Effets de la contrainte hydrique sur la vitesse, la capacité germinative et le temps moyen de la germination des provenances de *Z. lotus* (**: effet hautement significatif; ***: effet très hautement significatif et NS: effet non significatif)

	Sources de variations	DL	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr
Vitesse de germination	Provenance (Pro)	2	250,8	125,4	5,89	0,004**
	Traitement (Trt)	5	1470	294	13,81	0,000**
	Interaction : Pro*Trt	10	671,8	67,2	3,16	0,002**
	Erreur	72	1532,8	21,3		
	Total	89	3925,4			
Capacité germinative	Provenance (Pro)	2	2682	1341	9,45	0,000***
	Traitement (Trt)	5	65973	13195	92,96	0,000***
	Interaction : Pro*Trt	10	3415	342	2,41	0,016**
	Erreur	72	10220	142		
	Total	89	82290			
Temps moyen de la germination	Provenance (Pro)	2	5,67	2,83	1,07	0,348NS
	Traitement (Trt)	5	21,79	4,36	1,65	0,158 NS
	Interaction : Pro*Trt	10	75,62	7,56	2,86	0,005**
	Erreur	72	190,46	2,65		
	Total	89	293,54			

Le test de DUNCAN pour la comparaison de la vitesse de la germination (CV) discrimine 4 groupes homogènes : G_1 A= 0 bars (témoin), G_2 AB= -2, -4 et -6 bars ; G_3 B=-8 bars et G_4 C : -10 bars (tab. III).

2.2.- Capacité germinative

Le taux maximal de la germination des graines de *Z. lotus* est enregistré chez les témoins des provenances Z_1 (100%) et Z_2 , Z_3 (88%). La capacité germinative est

considérablement affectée et réduite par le stress hydrique (fig. 1).

Il se constate que dès l'application de -2 bars, la capacité germinative est significativement réduite. Elle dépasse les 50% à partir de -4 bars pour Z_1 et Z_3 , et à partir de -6 bars pour Z_2 .

L'analyse de la variance montre que l'effet provenance est très hautement significatif au seuil de 5% (tab. II). Un effet très hautement significatif de l'effet de traitement sur la germination a également pu être mis en évidence au sein de la même provenance.

Le test de DUNCAN à 5% pour la comparaison des moyennes du taux final de la germination discrimine 5 groupes homogènes selon l'ordre décroissant du potentiel hydrique (tab. III) : G_1 A=0 bars (témoin) ; G_2 B= -2 et -4 bars ; G_3 C : -6 bars ; G_4 D = -8 bars et G_5 E= -10 bars.

Tableau III.- Effets de la contrainte hydrique sur la vitesse (CV), la capacité germinative (CG) et le temps moyen de la germination (TMG) des provenances de *Z. lotus* ()

Traitements (bars)	Groupements		
	CV	CG	TMG
Témoin (0)	A	A	A
-2	AB	B	A
-4	AB	B	A
-6	AB	C	A
-8	B	D	A
-10	C	E	A

Les moyennes qui ne sont pas suivies de la même lettre, sont significativement différentes au seuil de risque de 5%

2.3.- Seuil critique de germination

Le seuil critique est déterminé à partir de la régression linéaire entre le taux final de germination et le potentiel hydrique du milieu de culture qui est représenté par la figure 2.

Les seuils critiques des trois provenances étudiées sont proches: -11 pour Z_1 , -12 pour Z_2 et -10 pour Z_3 . La germination des semences des provenances de *Z. lotus* est théoriquement inhibée à partir de ces trois niveaux de contrainte osmotique.

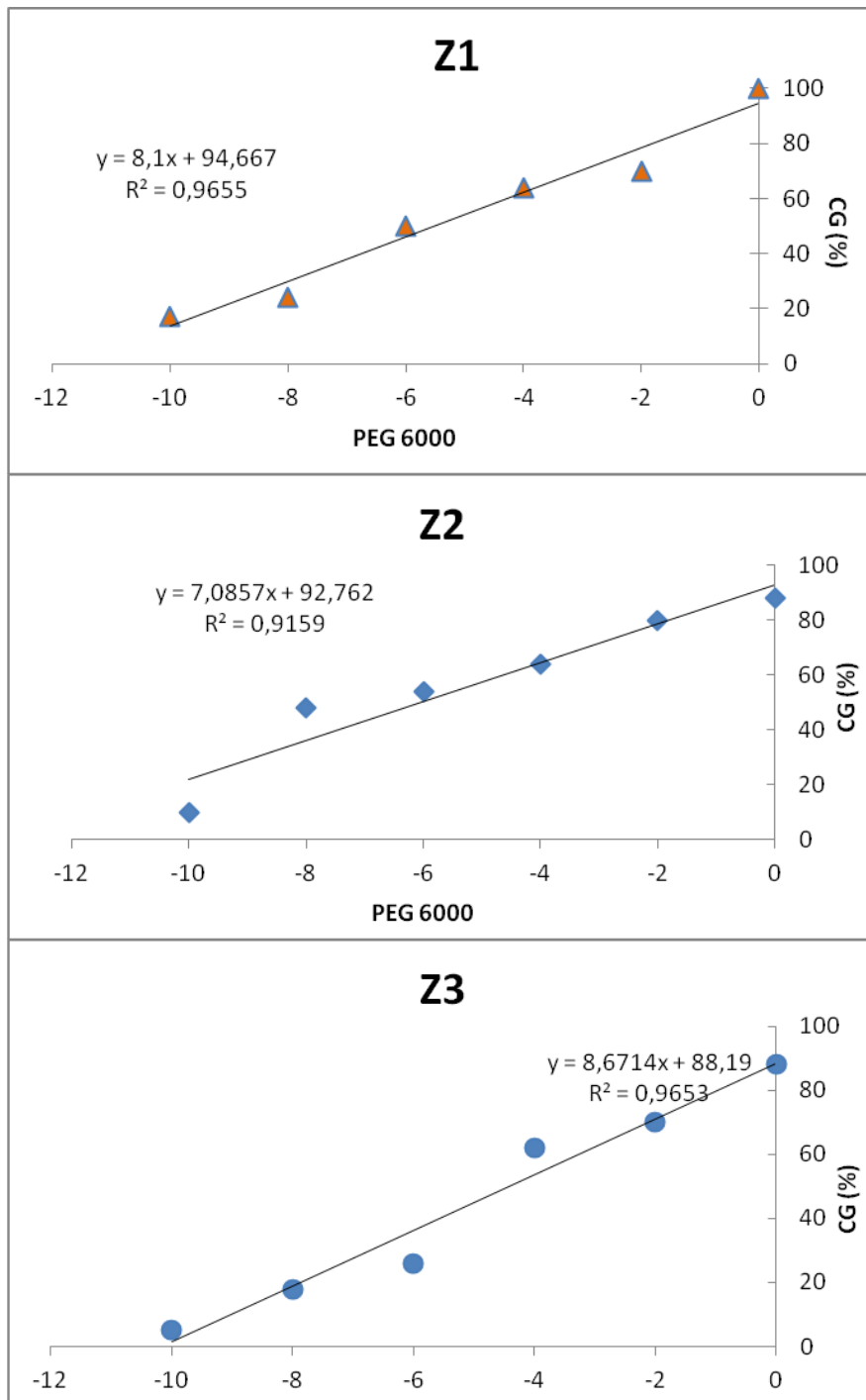


Figure 2.- Droite de régression linéaire mettant en relation le taux final de germination des semences des provenances de *Z. lotus* (Z_1 , Z_2 et Z_3) et le potentiel hydrique du milieu (le seuil critique de la germination est la valeur de x pour $y = 0$)

2.4.- Influence du stress hydrique sur le taux et le temps moyen de germination (TMG)

Pour mieux cerner l'effet du stress hydrique sur la germination des provenances de *Ziziphus lotus*, on a mis en évidence la relation entre temps moyen de germination (TMG) et la capacité germinative (CG).

En effet, chez Z_1 , un potentiel hydrique de -2 bars entraîne une baisse de la capacité germinative de 30%. Cette diminution devient importante à -8 bars (76%), et encore plus accentuée à -10 bars (83%).

Alors que pour Z_2 , un potentiel de -2 bars entraîne une réduction de 20% de la capacité germinative. Cette réduction augmente (52%) à -8 bars et atteint (90%) à -10 bars.

Pour Z_3 , un potentiel de -2 bars entraîne une diminution de l'ordre de 30%, et atteint 82% à -8 et 95% à -10 bars, donc, la provenance Z_3 est plus sensible au stade germinatif comparé à Z_2 et Z_1 .

Les résultats obtenus pour le TMG de Z_1 varient de ≈ 5 à 7 jours, respectivement pour 0 et -10 bars. Pour Z_2 et Z_3 , il varie de ≈ 4 à 7 jours respectivement pour -2 et -8 bars, donc l'abaissement du potentiel hydrique entraîne une augmentation du temps moyen de germination.

La comparaison des trois provenances de *Z. lotus* face à la contrainte hydrique montre que Z_1 est la provenance la plus performante (tolérante) pour la majorité des traitements (fig. 3).

Le temps moyen de la germination n'est affecté que très peu par la contrainte hydrique. L'analyse de la variance a montré qu'il n'y a pas d'effet significatif ni population ni traitement, mais l'interaction entre les deux facteurs a mentionné un effet hautement significatif (tab. II).

3.- Discussion

La capacité germinative la plus élevée des trois provenances est notée chez les témoins dominés par Z_1 . Ce comportement classique est une caractéristique générale de toutes les espèces végétales. Les graines des différentes provenances étudiées présentent des comportements variés vis à vis du stress hydrique au moment de leur germination. Ce stade est considéré comme une étape très cruciale du cycle de développement de la plante, surtout qu'elle est imprévisible dans le temps.

Au vu des résultats, il apparaît que la contrainte agit sur la capacité germinative des différentes provenances de *Z. lotus* à partir d'un potentiel hydrique de -4 bars. Cependant, un potentiel hydrique de -6 bars entraîne une diminution importante atteignant 50, 46 et 74%. Cette réduction s'accroît à -10 bars et arrive à 83, 90 et 95%, respectivement pour Z_1 , Z_2 et Z_3 . La capacité germinative des semences de *Z. lotus* diminue progressivement avec la contrainte hydrique ou la provenance Z_3 est la plus affectée, donc la plus sensible, à degré moindre Z_2 et Z_1 . Ce comportement peut alors constituer un mécanisme d'adaptation aux

conditions écologiques du milieu aride, caractérisé par des températures relativement élevées et essentiellement à la sécheresse. Les semences collectées du Parc National de Bouhedma (Z_1) possède la capacité germinative la plus élevée (17%). C'est la provenance la plus adaptée au stress hydrique puisqu'elle germe jusqu'à -10 bar, alors que celle de Matmata (Z_3) est la provenance la plus sensible dont le pourcentage de germination ne dépassant guère les 5%. Ces résultats peuvent être expliqués par la variation des bioclimats des provenances des graines utilisés. En effet, Matmata se situe au Sahara par contre le parc National de Bouhedma appartient à l'aride supérieur. Les conditions du milieu d'origine des semences peuvent avoir un impact sur le remplissage des grains, et par conséquent sur leur capacité germinative, car la valeur limite du potentiel pour lequel la quasi-totalité des graines ne germent plus, se situe à -10 bars. Des résultats semblables sont signalés chez des espèces végétales nord africaines [25] et sahéliennes [26], *Danthonia caespitosa*, *Lolium perenne* et *Atriplex nummularia* [27]. Aussi, des manifestations également sont observées chez plusieurs espèces de pins [28,29,30,31,32]. De même, des travaux comparables ont été observés chez *Lotus creticus*, *Plantago albicans* et *Rhanterium suaveolens* [33,34].

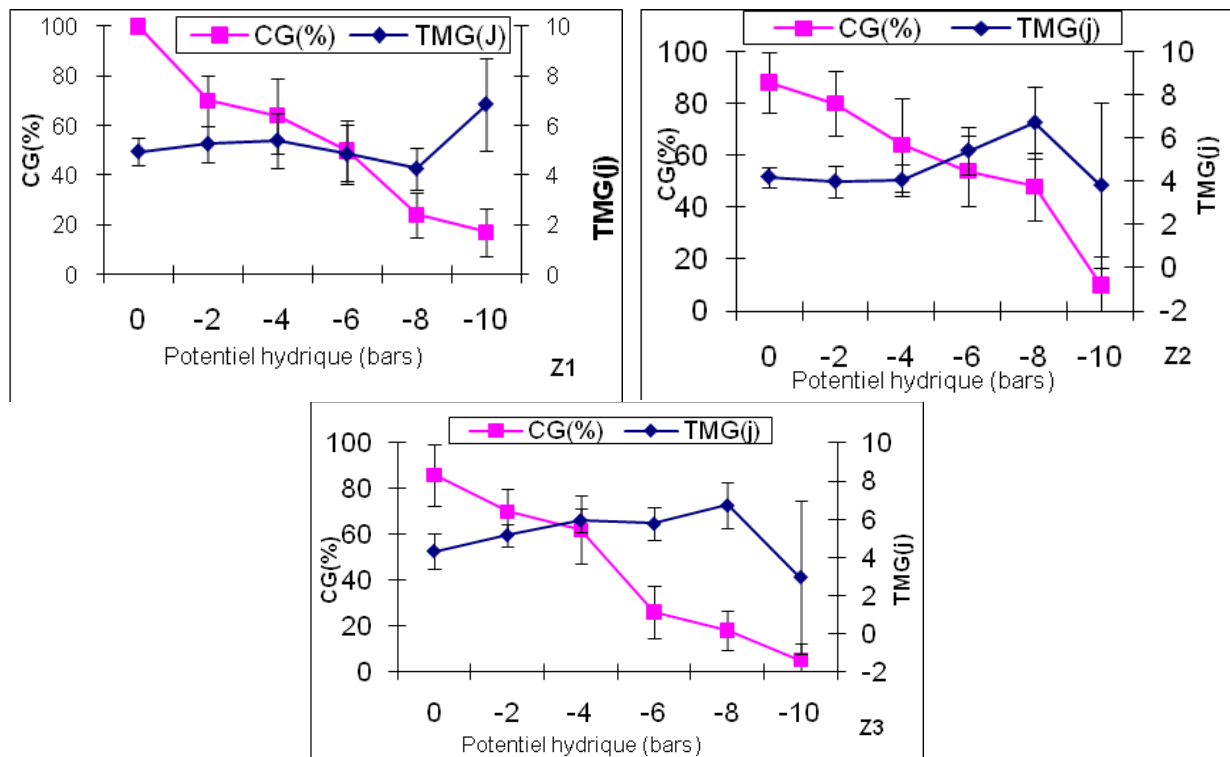


Figure 3.- Effets des potentiels hydriques croissants sur la capacité germinative (CG) et la vitesse de germination de *Z. lotus* (Z_1 , Z_2 et Z_3) (n=5)

Par contre, les mêmes niveaux de potentiel osmotique ont induit une forte réduction de germination chez le pin d'Alep [35]. Le manque d'eau dans le milieu de culture provoque en effet une diminution significative du nombre de graines germées et un retard dans l'initiation des processus de germination. L'abaissement du taux de germination peut traduire la sensibilité des graines aux effets osmotiques. Il est accompagné d'un retard dans le déclenchement du processus germinatif. Il s'agit d'une conséquence des difficultés

d'hydratation des graines qui se trouvent incapables d'absorber les quantités d'eau nécessaires au démarrage des processus de la germination. Ce retard correspond au temps nécessaire à la mise en place des mécanismes d'ajustement osmotique [36]. Des résultats similaires sont obtenus chez *Diploaxis harra* [21], quelques espèces d'acacia exotique (*A. tortilis*, *A. salicina* et *A. pendula*, *A. cyanophylla* et *A. floribunda*) [37] et chez sept cultivars de blé [38].

A un potentiel hydrique de -10 bars, *Z. lotus* peut germer encore, donc, son seuil critique de germination est supérieur de -10 bars, mais théoriquement inhibé à partir de -11 et -12 bars, respectivement pour Z_1 et Z_2 . Néanmoins, il y a lieu de signaler qu'à un certain niveau de stress (>-10 bars) les semences ne peuvent plus germer. De nombreuses espèces d'Acacia utilisées en Inde, ne germent plus dès que le potentiel hydrique atteint -9 ou -12 bars [39].

Par contre, le seuil critique de germination de *Z. lotus* est hautement supérieure à celle de *Lotus creticus* (-7bars), *Plantago albicans* (-5bars) et *Rhanterium suaveolens* (-3 bars) [40]. De même, Sharma (1973) [27] a signalé que la germination chez *Atriplex vesicaria* Heward et *Atriplex nummularia* Lindl s'annule quand le potentiel hydrique atteint respectivement -2 et -4 bars.

La diversité des réactions des espèces au stress hydrique ne signifie pas nécessairement que les espèces tolérantes au stress hydrique en phase de germination sont celles les plus adaptées à la sécheresse au stade adulte. La tolérance à la sécheresse au moment de la germination constitue, selon les conditions qui suivent cette première phase du cycle végétatif, un avantage ou un inconvénient [26], bien quelle représente l'un des facteurs importants dans l'accroissement et le développement des espèces [41, 42].

4.- Conclusion

La valorisation de la biodiversité nécessite une gestion rationnelle des potentialités environnementales. La conservation de la biodiversité demeure un élément fondamental pour un développement durable. L'utilisation d'espèces à usage multiple, le cas de *Z. lotus*, espèce à importance écologique et socio-économique incontestable, contribue au maintien de la biodiversité. Cette espèce est devenue très rare, voire menacée de disparition en Tunisie et particulièrement dans les zones arides où elle occupe la plupart des sols sablonneux profonds. Sa réintroduction nécessite la maîtrise de sa multiplication et son comportement face au stress hydrique qui est la contrainte primordiale et fondamentale au sud tunisien. L'étude du comportement et de l'aptitude adaptative chez trois provenances de *Z. lotus* en conditions de stress hydrique au stade germinatif, révèle leurs tolérances à des potentiels inférieurs de -6 bars. En revanche, un potentiel de -10 bars induit un taux assez faible, surtout pour Z_3 qui est la provenance la plus affectée par la contrainte appliquée, donc la provenance la plus sensible, de degré moindre Z_2 , suivie par Z_1 . Pour la cinétique, il est à signaler que la germination se manifeste dès le 3^{ème} jour après le semis pour des potentiels, allant jusqu'à -8 bars pour Z_1 et Z_2 . Par contre chez Z_3 , elle est plus tardive (5 jours) à -4 et -6 bars et de 7 jours à -10 bars.

Le taux maximum de la germination est atteint dès le 9^{ème} jour pour la majorité des potentiels osmotiques chez les trois provenances. La capacité germinative et la vitesse de germination diminuent au fur et à mesure que le potentiel hydrique s'amplifie, surtout pour Z_3 .

Ces résultats obtenus laissent remarquer la variation des bioclimats des provenances des graines utilisés. En effet, Matmata (Z_3) est la plus sensible et existe au saharien, par contre le parc National de Bouhedma (Z_1) appartient à l'aride supérieur, dont les semences sont les plus tolérantes à la contrainte hydrique.

Z. lotus s'est avérée relativement tolérante au stress hydrique en phase germinative puisque la valeur limite du potentiel hydrique permettant une germination, est de -10 bars. Elle est capable de germer et de s'adapter en présence du manque d'eau, ce qui explique son existence dans les zones arides de la Tunisie toute en signalant que la provenance de Bouhedma est plus tolérante comparée aux deux autres.

Références bibliographiques

- [1].- Le Houerou, 1969.- La végétation de la Tunisie steppique avec référence au Maroc, à l'Algérie et à la Libye. Ann., INRAT, 42(5), 655 p.
- [2].- Floret C. et Pontanier R., 1982.- L'aridité en Tunisie présaharienne. Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, 544 p.
- [3].- Direction Générale des Forêts, 2005.- Deuxième inventaire forestier et pastoral national, Tunis, Tunisie, 88 p.
- [4].- Direction Générale des Forêts, 2006- Projet Inventaire des forêts par télédétection. Stratégie nationale de développement forestier et pastoral, Tunis, Tunisie, 85 p.
- [5].- Gobert E.G., 2003.- Usages et rites alimentaires des tunisiens. Ed. SAHAR., Tunisie, 196 p.
- [6].- Arfaoui I., 2005.- Contribution à l'étude du polymorphisme chez le genre *Ziziphus* cas de l'espèce *Ziziphus lotus* (L) Lank, DEA, FST, 98 p.
- [7].- Borgi W., Recio M.-C., Rios J. L., Chouchane N., 2008.- Anti-inflammatory and analgesic activities of flavonoid and saponin fractions from *Zizyphus lotus* (L.) Lam. South African Journal of Botany, 74: 320-324.
- [8].- Borgi W., Chouchane N., 2009.- Anti-spasmodic effects of *Zizyphus lotus* (L.) Desf. extracts on isolated rat duodenum. Journal of Ethnopharmacology, 126: 571-573.
- [9].- Bargougui M. S., 1991.- *Ziziphus lotus* : Aspects biologiques, Ecologiques et points de réflexion sur sa conservation. Rapport de stage de fin d'étude, IRA Médenine, Tunisie, 48 p.
- [10].- Chaib M. et Boukhris M., 1998.- Flore succin ite et illustrée des zones arides et sahariennes de la Tunisie. Edit. l'Or du Temps pour le compte de l'Association pour la Protection de la Nature et de l'Environnement, Sfax, Tunisie, 290 p.

- [11].- Laamouri A. et Zine El Abidine A., 2000.- Multiplication des jujubiers en Tunisie. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 33: 37-49.
- [12] Maraghni M, 2009- Comportement écophysiological de *Ziziphus lotus* (L.) Desf. En réponse à une contrainte hydrique, mémoire de mastère en Gestion des ressources naturelles, Ecole supérieure d'agriculture de Mograne, Tunisie, 98 p.
- [13].- Maraghni M., Gorai M., Neffati M., 2010.- Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. *South African Journal of Botany*, 76 (3) : 453-459.
- [14].- Laamouri A., 1999.- Identification et multiplication des espèces à usage multiples- cas de Jujubier. Rapport PNM, Ministère d'agriculture, IRESA, INRGREF, Laboratoire des productions pastorales et agroforesterie, 25 p.
- [15].- Ben Dali F., 1987.- Dynamique de la végétation et mobilité du sable en Jeffara tunisienne. Thèse de doctorat d'Etat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 243 p.
- [16].- Jordan G. L. et Haferkamp M. R., 1989.- Temperature responses and calculate heat units for germination of several range grasses and shrubs. *J. Range Manage*, 42: 41-45
- [17].- Koller D., 1995- The regulation of germination in seeds (review). *Bull. Res. Counc. Israel*, 5 D: 85-108.
- [18].- Floret C. et Pontanier R., 1982.- L'aridité en Tunisie pré saharienne (climat, sol, végétation et aménagement). ORSTOM, Paris, 544 p.
- [19].- MEAT/INRGREF, 2001.- Action de conservation du patrimoine végétal naturel et étude de la dynamique de la végétation dans les Parcs Nationaux, Projet de conservation des Parcs Nationaux. Edit. DGF, Volume, 1 : 160 p.
- [20].- Belhaj Kacem S., Muller H. P. et Wiesner H., 1994.- Gestion de la faune sauvage et des parcs nationaux en Tunisie, Réintroduction, Gestion et Aménagement. DGF et GTZ, Tunis, 305 p.
- [21].- Gorai M., Tlig T. et Neffati M., 2009.- Influence of water stress on seed germination characteristics in invasive *Diploaxis harra* (Forssk) boiss (Brassicaceae) in arid zone of Tunisia. *Journal of Phytology*, 1(4) : 249-254.
- [22].- Côme D., 1970.- Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, 162 p.
- [23].- Zammouri J., 2004.- Etude comparative de la germination de quelques espèces de la zone aride de la Tunisie ; influence de la température et de la salinité. Mémoire de Mastère, INAT, Tunisie, 49 p.
- [24].- SPSS, 2008. –A Student Version 16.0 of the world's leading desktop statistical

software. Ed : 1 [Anglais] [CD], Pearson, ISBN-13: 978-0136053491

- [25].- Neffati M., 1994.- Caractérisations morphologiques de certaines espèces végétales Nord Africaines, implications pour l'amélioration pastoral. Thèse de Doctorat, IRA, Médenine Tunisie, 264 p.
- [26].- Grouzis M., 1987.- Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso). Thèse d'État, Sciences naturelles, Université Paris Sud, 318 p.
- [27].- Sharma M. L., 1973.- Stimulation of drought and its effect on germination of five pasture species. *Agronomy journal*, 65 : 962-987.
- [28].- Djavanshir K. et Reid C. P. P., 1975.- Effect of moisture stress on germination and radicule developpement of *Pinus eldarica* Medw and *Pinus ponderosa* Laws. *Can. J. For. Res.*, 5: 80-83.
- [29].- Calamassi R., Falusi M. et Tocci A., 1980.- Variazione geograficae resistenza a stress idrici in semidi *Pinus halepensis* Mill., *Pinus brutia* Ten. et *Pinus eldarica* Medw. *Ann. Ist. Sper. Selv.*, 11: 195-230.
- [30].- Falusi M., Calamassi R. et Tocci A., 1983.- Sensitivity of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genet.*, 32: 1-2, 4-9.
- [31].- Dunalp J. R. et Barnett J. P., 1984.- Manipulating loblolly pine (*Pinus taeda* L. seed germination with simulated moisture and temperature stress, in: Duryea M. L., Brown G. N (Eds). *Seedling physiology and reforestation sucres*, Martinus Nijhoff. Dr. W Junk. Publishers, Dordrecht: 61-73.
- [32].- Thanos C. A. et Skordilis A., 1987.- The effects of light, temperature and osmotic stress on the germination of *Pinus halepensis* and *P. brutia* seeds, *Seed Sci. Technol.*, 15: 163-174.
- [33].- Talbi S., Ferchichi A., Debouba M. et Lefi E., 2009.- Effect of Osmotic Stress (PEG 6000) on Final Germination Percentage and Median Germination Time of *Plantago albicans*. *Revue des Régions Aride*, n° Spécial: 51-54.
- [34].- Boubiche M., 2009.- Evaluation du comportement du jojoba (*Simmondsia chinensis* Link.L) vis-à-vis du stress salin et hydrique. Mastère de Biotechnologie végétale, faculté des sciences de Tunis, Tunisie, 88 p.
- [35].- Belkhouja K., 2000.- Effet du stress hydrique sur la germination de quelques provenances de Pin d'Alep. DEA de physiologie végétale, faculté des sciences de Tunis, Tunisie, 58 p.
- [36].- Abdelly C., 1992.- Réactions aux contraintes nutritionnelles des principales herbacées

du tapis végétal en bordure de sebkha. Thèse de spécialité, Faculté des sciences de Tunis, Tunisie, 252 p.

- [37].- Jaouadi W., Hamrouni L., Hanana M. et Khouja M. L., 2010.- Germination capacity analysis of some exotic acacia species. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(4): 643-652.
- [38].- Vahid J., 2009.- Effect of Water Stress on Germination Indices in Seven Wheat Cultivar. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 49: 105-106.
- [39].- Singh T. N., Paleg L. G., et Aspinall D., 1973.- Nitrogen metabolism and growth in barley plant during water stress. *Aust. J. Biol. Sci.*, 26: 45-56.
- [40].- Talbi S., 2008.- Effet du stress hydrique sur le comportement physiologique et morphologique de trois espèces pastorales des zones arides tunisiennes: *Lotus creticus*, *Plantago albicans* et *Rhanterium suaveolens*. Mémoire de Mastère, INAT, Tunisie, 122 p.
- [41].- Mc William J. R., Clements R. J. et Dowling P. M. 1970.- Some factors influencing the germination and early seedling development of pasture plants. *Aust. Jour, Agric, Res.*, 21: 19-32.
- [42].- Boydston R. A., 1989.- Germination and emergence of longspine sandbur (*Cenchrus lonispinus*). *Weed, science*, 37: 63-67.