

Evaluation de la tolérance de *Myrtus communis* L. au stress hydrique au stade germinatif

Evaluation of Myrtus communis L. tolerance to water stress at the germination stage

Meryem BENJELLOUN¹, Chaimae RAIS¹, Nadya WAHID²,
Lahcen EL GHADRAOUI^{1*} & Mohamed ALAOUI MHAMDI³

1. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Département de Biologie, Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement. *(lahelghadraoui@yahoo.fr)
2. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Institut National des Plantes Médicinales et Aromatiques, Département de Phytologie, B.P. 159, Taounate, Maroc
3. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Département de Biologie, Laboratoire d'Analyse et de Modélisation des écosystèmes continentaux, B.P.1796, Atlas, Fès

Résumé. Le présent travail est réalisé afin d'évaluer le comportement de différents écotypes de myrte sous les effets du stress hydrique au stade de germination. Trois populations d'origines différentes, France (A), Tunisie (B) et Maroc (C), sont utilisées pour la germination sous conditions contrôlées. Le stress hydrique est simulé à l'aide du polyéthylène glycol 6000 (PEG 6000), suivant différents niveaux du potentiel hydrique (-0.03, -0.1, -0.7, -1, -1.6 MPa). Sans effet du stress hydrique, le comportement de germination des trois populations est différent pour la plupart des variables du potentiel germinatif étudiées. Cette différence du potentiel germinatif aux conditions optimales est significative entre la population A (France) et celles de B (Tunis) et C (Maroc). Le stress hydrique a montré un effet négatif sur le potentiel germinatif des trois populations. En effet, un maximum de 41.25 %, 76.25 % et 81.25 % a été atteint respectivement pour les populations A, B et C au potentiel hydrique de 0 MPa. Par contre, au niveau du potentiel hydrique le plus faible (-1,6 MPa), le pourcentage de germination est réduit ; il est de l'ordre de 17.5 %, 51.3 % et 56.3 % respectivement pour les populations A, B et C. A la lumière de ces résultats, nous avons révélé une supériorité et tolérance des populations B et C par rapport à la population A pour tous les paramètres du potentiel germinatif étudiés.

Mots-clés : *Myrtus communis* L., germination, stress hydrique, PEG 6000, variation géographique.

Abstract. The present study was conducted to evaluate the behaviour of different myrtle ecotypes under water stress effects at the germination stage. Three different populations from France (A), Tunisia (B) and Morocco (C) were used for germination under controlled conditions. Water stress was simulated using polyethylene glycol 6000 (PEG 6000), according to different levels of water potential (-0.03, -0.1, -0.7, -1, -1.6 MPa). Without water stress effect, the three populations germination behaviour was different for most studied variables. This difference was significant between population A (France) and those B (Tunis) and C (Morocco). Water stress has a negative effect on the germination potential of the three populations. Indeed, a maximum of 41.25% , 76.25 % and 81.25% was achieved respectively for populations A, B and C to the water potential 0 MPa. By contrast, at the lowest water potential (-1.6 MPa), the percentage of germination was reduced, and was about 17.5 % , 51.3% and 56.3 % respectively for populations A, B and C. With these results, we have found a superiority and a tolerance of populations B and C for all studied parameters of germination potential.

Keywords : *Myrtus communis* L., germination, water stress, PEG 6000, geographical variation.

Abridged English version

This work is carried out to evaluate the behaviour of different ecotypes of myrtle, with regards to the effects of water stress at the germination stage.

Three populations of myrtle from different origins, A (France), B (Tunisia) and C (Morocco), were used for germination under controlled conditions. Seed germination has been carried out in a growth chamber under a temperature of 25 °C (optimum temperature for myrtle germination) and a photoperiod of 16 hours / day and 8h / night. The applied water stress was simulated using the polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) at different levels of water potential (- 0.03, - 0.1, -0.7, - 1, - 1.6 MPa).

The germination potential was evaluated by determination of the percentage of germination, the average time of germination, time to 50% of germination and the coefficient of velocity. Without water stress, the germination behavior of the three populations is different according to the recorded results of all studied variables. The maximum germination reached 50.33%, 71% et 73% for population A, B and C respectively. This difference in germination potential to optimal conditions was significant between population A and those of B and C (Fig. 1).

Under the effect of water stress, the cumulative percentage of germination for 30 days for each population varies depending on the water potential (Fig. 2). Decreasing in

water potential causes a decrease in the percentage of germination (Tab.3).

The time of 50% of germination ($T_{50\%}$) varies with water stress for the three populations (Fig. 3). The $T_{50\%}$ was 10 days for both populations B and C at a water potential of 0 MPa. However, at a low level water potential (-1.6 MPa) the $T_{50\%}$ reached 25 and 18 days for populations B and C respectively. For the population A, the $T_{50\%}$ is not reached at any level of water potential. Analysis of variance of the time of 50% germination, revealed a significant effect ($P < 0.001$) of population, water potential factors and their interaction ($P < 0.05$) (Tab. 4).

The mean germination time increased with a decrease in water potential for the three populations of myrtle (Fig. 4). It was about 10 days for populations A, B and C, subjected to water potential of 0 MPa, but much longer with a water potential of -1.6 MPa (20 days for population A, 18 days for population B and 17 days for population C). Analysis of variance of the average time of germination shows that water potential and the interaction water-population

potential have a significant effect ($p < 0.05$). However, the population factor was not significant ($P > 0.05$) (Table 4).

The velocity factor decreased with water potential for all populations (Fig. 5). After 30 days, this factor was about 10 days for populations A, B and C at control treatment, whereas it was only half (approximately 5 days) for the same populations under water potential of -1.6 MPa.

In conclusion, The study of the water stress influence shows that the three populations of myrtle germinate at very low water potentials. Nevertheless, behavior variability to water stress was observed among the three populations. Indeed, populations B and C seemed to be more tolerant to water stress than population A. This tolerance during germination is an advantage of seed adaptation from the first phase of species growth cycle (Grouzis 1987). Furthermore, seed germination is one of the multiple criteria for populations selection regarding tolerance to water stress. This germination is not necessarily correlated with other growth stages (Sy *et al.* 2001 Hamrouni *et al.* 2012). However, it has to be considered when evaluating populations tolerance to water stress.

INTRODUCTION

Le myrte commun (*Myrtus communis* L.) est un arbuste sclérophylle assez commun dans le Bassin Méditerranéen où il croît de façon spontanée dans les forêts ouvertes, les garrigues et les maquis (Ahmed & Vardar 1973 ; Migliore *et al.* 2012). Sa distribution horizontale très large de la Macaronésie jusqu'au Pakistan, peut être expliquée par la variabilité génétique au sein des populations de l'espèce (Migliore *et al.* 2012, Wahid 2013). Le myrte est considéré parmi les plantes médicinales et aromatiques ayant une valeur économique et écologique très importante. Au Maroc, cette espèce est exploitée à l'état naturel pour l'extraction des huiles essentielles et des extraits végétaux. Toutefois cette exploitation de la biomasse naturelle est irrationnelle, due à la forte demande du marché socio-économique national et international et à l'importante augmentation démographique durant le 20^{ème} siècle (Wahid 2012). En raison de cette surexploitation, l'aire occupée par cette espèce a tendance à régresser. Cependant, une stratégie de domestication et/ou de plantation des populations de myrte performantes et acclimatées à la sécheresse est nécessaire, en vue de répondre aux besoins économiques et écologiques.

Afin d'améliorer le comportement de l'espèce en milieu sec et d'assurer le rendement au site de domestication et/ou de plantation, l'exploitation des potentialités de la variabilité génétique des provenances du myrte est une procédure innovante. Néanmoins, la germination des graines est généralement le stade le plus critique pour l'établissement des semis en domestication et/ou de plantation (Almansouri *et al.* 2001 & Hamrouni *et al.* 2012). L'étude des exigences germinatives de l'espèce en combinaison avec les paramètres physiques de son environnement permet de raisonner le choix précoce du matériel végétal le mieux adapté au milieu sec (Bell & Bellairs 1992, Tetsuto & Michio 2011).

De même, le stress hydrique est considéré parmi les facteurs défavorables pouvant affecter la germination des semences et par conséquent la qualité et le rendement de semis (Larbi *et al.* 1998, Hamrouni *et al.* 2012). Le stress hydrique affecte plusieurs fonctions de la plante, telles que la conductance stomatique (Penuelas *et al.* 1992, Yagoubi 1993), la photosynthèse (Moran *et al.* 1994, Yuan *et al.* 2004) et la surface foliaire (Penuelas *et al.* 1992). Une diminution de la teneur en 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), les conséquences d'une sécheresse dépendent de sa période de démarrage par rapport au stade cultural (e.g. stage de germination) et de sa durée d'action.

Le présent travail consiste à évaluer le comportement et la tolérance au stress hydrique de trois populations naturelles de *Myrtus communis* au stade germinatif.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Trois populations naturelles de *Myrtus communis* L. provenant de trois régions différentes ont été considérées dans la présente étude, soit la France (population A), la Tunisie (population B) et le Maroc (population C). Les graines de ces trois populations nous ont été fournies par le Service de sylviculture des Eaux et Forêts de Salé, Maroc. Un test préliminaire de viabilité des embryons des graines a été réalisé.

Essai de germination

Un pré-traitement des graines de chaque population est effectué avant de lancer la germination. Après 5 heures de

pré-imbibition à l'eau, les graines sont désinfectées avec de l'eau de javel à 10 % pendant 15 mn et de l'éthanol à 70 % pendant 5 mn suivi par un rinçage avec de l'eau distillée.

Les graines désinfectées ont été mises dans des boîtes de Pétri de 9 cm de diamètre sur un support solide. Ce support est constitué d'un disque d'éponge de 0,5 cm d'épaisseur et de diamètre légèrement inférieur à celui de la boîte de Pétri. Ce disque a été au préalable troué en son centre par un trou de 1 cm de diamètre. Le trou au centre du disque d'éponge est obturé avec un morceau de coton. Sur le montage du disque d'éponge et du coton, nous avons déposé un disque de papier filtre (Whatman n° 1) de même diamètre que l'éponge (Call & Spoots 1989). Les boîtes de Pétri contenant les graines à germer, ont été fermées hermétiquement avec du plastique cellophane pour éviter l'évaporation et pour pouvoir garder une humidité relative constante (~ 80 %). La germination des graines est effectuée dans une chambre de culture selon les conditions décrites par Hamrouni *et al.* (2012). La température est de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ et une photopériode de 16 h le jour et 8 h la nuit assurée par des lampes Phillips fournissant un éclairage de $350\text{ }\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Une graine est considérée comme ayant germé lorsque la radicule apparaît à travers le tégument. Le suivi de la germination des graines est effectué sur une durée de 30 jours. Durant cette période, le nombre de graines germées, se comptait quotidiennement. Pour évaluer le potentiel germinatif des trois populations sans effet du stress hydrique, nous avons considéré trois répétitions par population à raison de 100 graines/boîte (3 x 3 x 100).

Effet du stress hydrique sur le potentiel germinatif des populations du myrte

Les essais de germination ont été réalisés sous différents niveaux de potentiel hydrique simulé à l'aide d'une solution de Polyéthylène glycol (PEG 6000). Le PEG constitue un agent relativement stable, inerte, non ionique mais bien soluble dans l'eau. Il est non toxique même à de fortes concentrations, à l'obscurité et à la température optimale de la germination (25°C). Le PEG maintient un potentiel hydrique stable et uniforme durant toute la période expérimentale. En effet, les molécules de PEG 6000 constituent, un moyen plus efficace pour simuler une contrainte hydrique. Le choix de cet agent osmotique se justifie par ses avantages, soit un produit inerte, neutre, n'affectant pas le pH et ayant un poids moléculaire élevé. Il ne pénètre pas dans les graines et ne semble pas avoir des interférences, ni des effets secondaires (Berkat & Briske 1982).

Des solutions de PEG 6000 à des concentrations croissantes, induisant des potentiels hydriques (Ψ_H) décroissants, ont été utilisées pour induire les différents niveaux de stress osmotique testés (Tab. 1). Les valeurs du potentiel hydrique testées sont 0, -0.03, -0.1, -0.7, -1 et -1.6 MPa. D'après Michel & Kaufmann (1973), l'équation reliant les différents paramètres du potentiel hydrique aux différentes concentrations du PEG 6000 est la suivante :

$$\Psi_H = -(1,18 \times 10^{-2})C - (1,18 \times 10^{-4})C^2 + (2,67 \times 10^{-4})CT + (8,39 \times 10^{-7})C^2T$$

avec Ψ_H : potentiel hydrique (MPa), T : température d'incubation ($^{\circ}\text{C}$), C : concentration de PEG6000 (g.l^{-1})

Tableau 1. Valeur du potentiel hydrique en fonction de la concentration en PEG 6000 (Michel & Kaufmann, 1973).

Table 1. Values of the water potential depending on the concentration of PEG 6000 (Michel & Kaufmann, 1973).

Solutions	Concentrations du PEG 6000(g/l)	Potentiel hydrique (MPa)
S1	0	0
S2	5,31	-0,03
S3	15,3	-0,1
S4	63,9	-0,7
S5	80,36	-1
S6	107,47	-1,6

Nous avons considéré quatre répétitions par population à raison de 20 graines par répétition et par concentration. La germination a été effectuée dans des boîtes de pétri sous les mêmes conditions de l'essai de germination. Les variables considérées pour l'évaluation du potentiel germinatif avec et sans stress hydrique sont :

- Pourcentage de germination ou la capacité germinative (G_c) = (nombre de graines germées / nombre total) x 100.

- Temps à 50% de germination ($T_{50\%}$, j) : temps nécessaire à la germination de 50% des graines mises à germer.

- Coefficient de vélocité (C_v) : il est calculé par la formule suivante, Kotowski (1926) :

$$C_v = (N_1 + N_2 + N_3 \dots + N_n) \times 100 / (N_1T_1 + N_2T_2 + N_3T_3 \dots + N_nT_n)$$

avec N_n égal au nombre de semences germées entre le temps T_{n-1} et le temps T_n .

- Temps moyen de germination (T_{MG} , j) : défini comme étant l'inverse x 100 de C_v : $T_{MG} = (1 / C_v) \times 100$.

L'évaluation de la variabilité du potentiel de germination des trois populations du myrte est réalisée par l'analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA) de chacune des variables, soit le pourcentage de germination (G_c , %), le temps à 50% de germination ($T_{50\%}$, j), le temps moyen de germination (T_{MG} , j) et le coefficient de vélocité (C_v). Quant à l'effet du stress hydrique sur le potentiel germinatif des populations, il a été évalué par l'analyse de la variance à deux facteurs (populations et stress hydrique). Un test de comparaison des moyennes a été fait chaque fois qu'il y avait un effet significatif des facteurs étudiés par l'ANOVA.

Pour les résultats présentés sous forme de pourcentage, nous avons utilisé une transformation afin de répondre aux conditions de normalité des distributions et d'égalité des variances. Cette transformation angulaire a été réalisée selon la formule suivante : $Y = 2\text{ArcSin}\sqrt{x}/100$ (Gulumser *et al.* 2006). L'analyse statistique a été réalisée par le programme SYSTAT 12.

RESULTATS ET DISCUSSION

Potentiel germinatif des populations sous des conditions hydriques non limitantes

L'évolution du pourcentage de germination cumulée sur 30 jours pour les trois populations est présentée par la Figure 1. Le maximum de germination atteint 50,33%, 71% et 73%, respectivement pour les populations A, B et C. La germination a débuté à partir du premier jour d'imbibition au sens strict pour les trois populations (G_c = environ 1%). Le pourcentage maximal de germination est atteint le 29^{ème} jour pour la population A et le 23^{ème} jour pour les populations B et C. L'analyse de variance montre que le facteur population a un effet significatif sur la capacité germinative ($P < 0,05$) (Tab. 2).

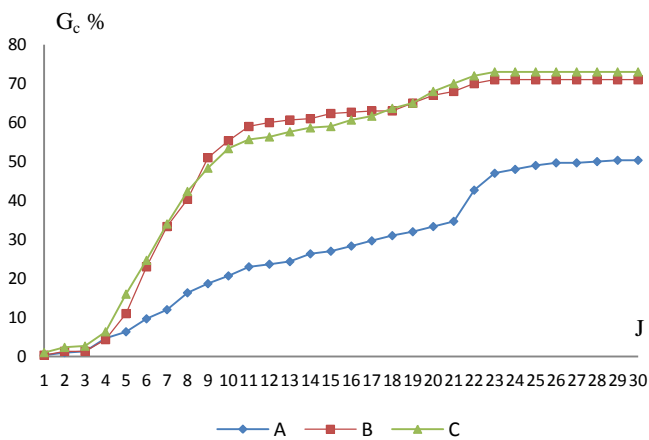


Figure 1. Evolution du pourcentage de germination (G_c) au cours des 30 jours après le semis des trois populations de France (A), de Tunisie (B) et du Maroc (C)

Figure 1. Germination percentage (G_c) evolution during 30 days after sowing of the three populations from France (A), Tunisia (B) and Morocco (C)

Le temps de 50% de germination est variable entre la population A (28 jours) et les populations B et C (9 jours) (Fig.1). Cette différence est hautement significative ($P < 0,001$) (Tab. 2). Ainsi, il s'avère nettement que le temps de 50% de germination est atteint plus rapidement chez les populations B et C que pour celle de A.

Quant au temps moyen de germination (TMG) qui nous renseigne sur la vitesse de germination, nous avons observé qu'il y a une différence significative entre les trois populations ($P < 0,001$) (Tab. 2). Cette différence est prononcée entre la population de France (≈ 14 jours) et les populations de Tunisie (≈ 8 jours) et du Maroc (≈ 8 jours) pour lesquelles ce temps est nettement plus court.

Le temps que les semences mettent avant d'enregistrer la première germination est significativement différent ($P < 0,001$) entre la population A ($C_v = 7,03$) et les populations B et C (respectivement C_v (B) = 12,21 et C_v (C) = 12,18).

En résumé, les résultats du présent travail montrent une supériorité du potentiel germinatif aux conditions contrôlées

Tableau 2. Analyse de la variance à un seul facteur relative aux variables du potentiel germinatif des trois populations du myrte sous conditions optimales de la germination.

Table 2. Analysis of variance for one factor on germination potential of the three populations of myrtle under optimal conditions of germination.

Variables	Sommes Carrés	Moyens Carrés	F	P
G_c (%)	0,001	0,0001	4,758	0,058
$T_{50\%}$ (j)	747,556	373,778	46,082	0,000
T_{MG} (j)	75,266	37,633	37,845	0,000
Vc	55,061	27,531	40,433	0,000

(température de $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$ et photopériode de 16h le jour et 8h la nuit) des populations B et C par rapport à celle de A qui se caractérise par un potentiel de germination très faible. En tenant compte des résultats des tests préliminaires de la qualité des semences utilisées, principalement la viabilité des embryons, ceci peut être expliqué soit par la dormance embryonnaire ou bien par le choix des conditions de température et de la durée de l'action de la lumière de la germination non optimales pour cette population (Bell & Bellairs 1992). Pour ce fait, des tests de germination sous différents régimes thermiques s'avèrent utiles pour mieux connaître les exigences thermiques de germination des semences de cette population.

Effet du stress hydrique sur le potentiel germinatif des 3 populations du myrte

Capacité germinative

Le pourcentage de germination cumulé pendant 30 jours varie pour chaque population en fonction du potentiel hydrique (Fig. 2) dont la diminution entraîne une baisse du pourcentage de germination (Tab. 3).

Tableau 3. Pourcentage de germination des 3 populations de myrte commun en réponse à différents régimes du potentiel hydrique

Table 3. Germination percentage of the three populations of common myrtle in response to different regimes of water potential

Potentiel Hydrique (MPa)	Pourcentage de germination		
	A	B	C
0	41,25	76,25	81,25
-0,03	38,75	72,5	75
-0,1	37,5	62,5	67,5
-0,7	37,5	61,25	65
-1	17,5	57,5	60
-1,6	17,5	51,25	56,25

Le pourcentage de germination après 30 jours est de 41,25%, 76,25% et 81,25% respectivement pour les populations A, B, C, ceci au potentiel hydrique de 0 MPa (témoin). Il atteint 17,5%, 51,25% et 56,25% respectivement pour les populations A, B et C au potentiel hydrique le plus bas -1,6 MPa. Au niveau du témoin, nous avons enregistré un pourcentage très élevé qui dépasse 80% chez la population C.

Ces résultats corroborent ceux de Hamrouni *et al.* (2006) qui ont mené des investigations sur l'effet du stress salin sur la germination de 6 écotypes de différentes régions de Tunisie. Au niveau du potentiel hydrique le plus bas (-1.6 MPa), la germination n'a commencé qu'à partir du 8^{ème}, 4^{ème} et du 6^{ème} jour d'imbibition respectivement pour les populations A, B et C (Fig. 2). Le pourcentage maximal de germination cumulée à ce niveau de potentiel hydrique est atteint le 22^{ème}, 26^{ème} et le 18^{ème} jour respectivement pour les populations A, B, et C. Au niveau du potentiel hydrique 0 MPa (témoin), la germination a débuté le 4^{ème} jour pour la population A et le 2^{ème} jour pour les deux autres populations B et C. Le pourcentage de germination maximal à ce niveau de stress hydrique est atteint le 22^{ème}, le 26^{ème} et le 20^{ème} jour respectivement pour les trois populations A, B et C. L'analyse de la variance à deux facteurs montre que l'effet de la population et du potentiel hydrique sur le pourcentage de germination est significatif ($P < 0,001$) (Tab. 4). L'interaction population/potentiel hydrique est non significative ($p > 0,05$). En terme de capacité de germination sous contrainte hydrique, ces résultats montrent une supériorité de la tolérance des populations B et C quelque soit le potentiel hydrique du milieu (Tab. 3).

Tableau 4. Analyse de la variance des variables du potentiel de germination des trois populations (A, B, C) en réponse à différents potentiels hydriques

Table 4. Variance analysis of the potential germination variables of the three populations (A, B, C) in response to different water potentials

Variables	Source des variations	Sommes carrés	Moyens carrés	F	P
% de germination (G_c , %)	Population	0,043	0,021	61,096	0,000
	Potentiel hydrique	0,012	0,002	7,145	0,000
	Population/ Potentiel hydrique	0,002	0	0,659	0,757
Temps de 50% de germination ($T_{50\%}$, j)	Population	1529,694	764,847	20,199	0,000
	Potentiel hydrique	224,569	44,914	1,186	0,328
	Population/ Potentiel hydrique	1011,639	101,164	2,672	0,01
Temps moyen de germination (T_{MG} , j)	Population	80,519	40,259	2,299	0,11
	Potentiel hydrique	493,141	98,628	5,633	0,000
	Population/ Potentiel hydrique	372,177	0	2,126	0,038
	Erreur	945,466	0		

Temps de 50% de germination

Le temps de 50% de germination augmente en fonction du stress hydrique, et ce, pour les trois populations (Fig. 3).

Le temps de 50% de germination est de 10 jours pour les deux populations B et C au potentiel hydrique 0 MPa (témoin), alors qu'il atteint 25 et 18 jours, respectivement pour les populations B et C au potentiel hydrique le plus bas

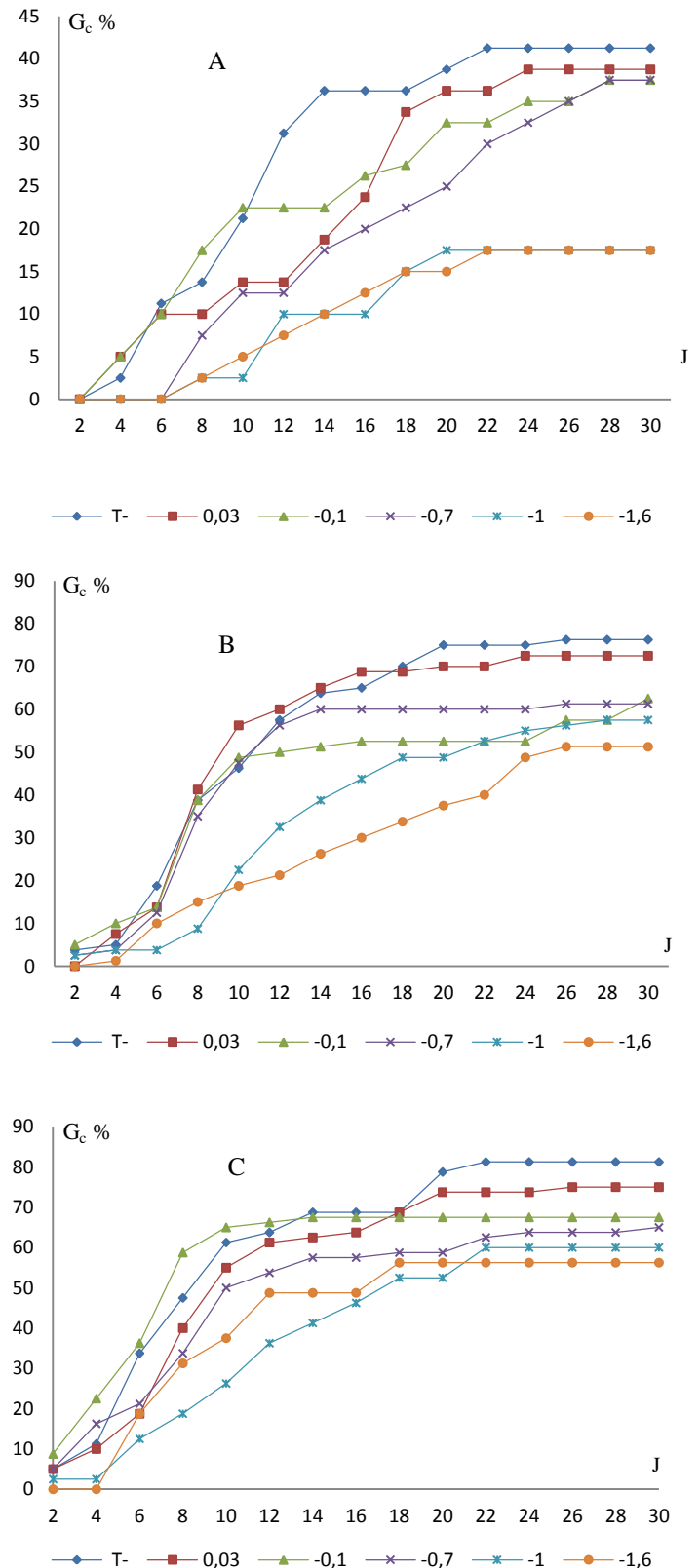


Figure 2. Pourcentage de germination (G_c) des trois populations (A, B, C) en réponse aux différents degrés du potentiel hydrique au cours des 30 jours après le semis

Figure 2. Germination Percentage (G_c) of the three populations (A, B, C) in response to different levels of water potential during 30 days after sowing

(-1,6 MPa.). Pour la population A, le temps de 50% de germination est non atteint pour tous les niveaux du potentiel hydrique. L'analyse de la variance relative au temps de 50% de germination, a relevé un effet hautement significatif ($P < 0.001$) des facteurs population, potentiel hydrique et leur interaction (population/potentiel hydrique) ($P < 0,05$) (Tab. 4).

Temps moyen de germination (TMG)

Le temps moyen de germination augmente avec la diminution du potentiel hydrique (Fig. 4). Il est d'environ 10 jours pour les trois populations soumises à un potentiel hydrique de 0 MPa, mais beaucoup plus long sous un potentiel hydrique de -1.6 MPa (20 jours pour la population A, 18 jours pour B et 17 jours pour C). L'analyse de la variance relative au temps moyen de germination montre que le potentiel hydrique et l'interaction (potentiel hydrique/population) ont un effet significatif ($p < 0,05$). Le facteur population est non significatif ($P > 0,05$) (Tab. 4).

Coefficient de vélocité

Le coefficient de vélocité (C_v) diminue en fonction du potentiel hydrique (Fig. 5). Après 30 jours, il est d'environ 10 jours pour les trois populations soumises à un potentiel hydrique 0 MPa (témoin), alors qu'il n'est que de moitié (5 jours environ) pour ces mêmes populations sous un potentiel hydrique de -1,6 MPa.

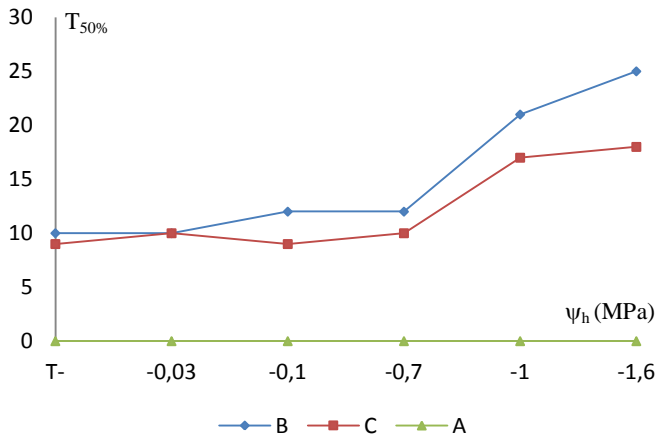


Figure 3. Temps de 50% de germination des 3 populations en fonction de la variation du potentiel hydrique. (T) indique le point "Témoin" sans PEG

Figure 3. Time required to 50% germination of the 3 populations depending on the variation of the water potential. (T) indicates the control without PEG treatment

Dans l'ensemble, notre étude montre que le stress hydrique affecte le potentiel germinatif des populations du myrte, particulièrement lorsque la pression osmotique est élevée. En fait, plus le stress hydrique augmente plus le potentiel de germination diminue. Cette réduction pourrait être due à l'altération des enzymes et des hormones qui se trouvent dans la graine (Botia *et al.* 1998). Il pourrait s'agir également d'un déficit d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des

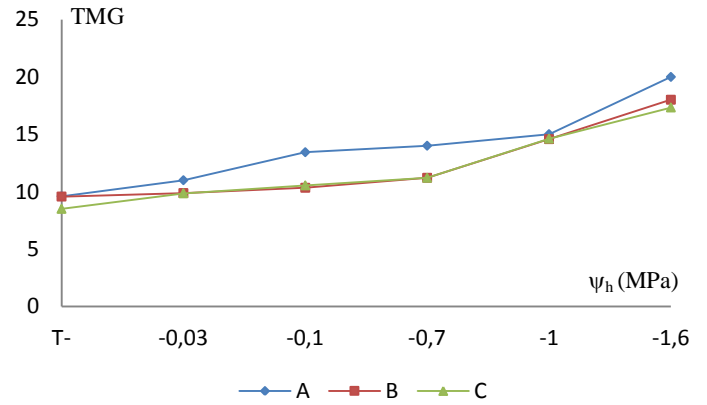


Figure 4. Temps moyen de germination (TMG) des semences des 3 populations en fonction de la variation du potentiel hydrique. (T) = "Témoin" sans PEG.

Figure 4. Mean time of germination (TMG) of the 3 populations depending on the variation of the water potential.

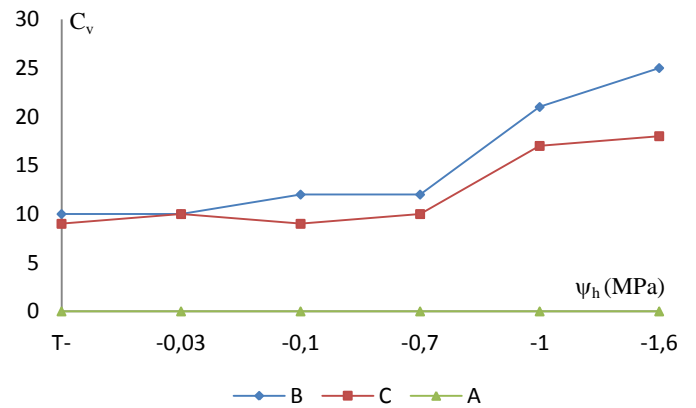


Figure 5. Coefficient de vélocité (C_v) de la germination des trois populations en fonction de la variation du potentiel hydrique. (T) correspond au témoin avec eau distillée ($\psi_h = 0$)

Figure 5. Velocity coefficient (V_c) of the germination of the three populations depending on the variation of water potential. (T) indicates the control with distilled water ($\psi_h = 0$)

téguments et par conséquent un retard de germination des graines (Gill *et al.* 2001, 2003). Ce mécanisme d'osmorégulation se répercute sur les stades ultérieurs par un ralentissement de croissance en raison du manque et/ou de l'indisponibilité de carbohydrates.

L'étude de l'influence des contraintes hydriques montre que les trois populations germent à des potentiels hydriques très bas. Néanmoins, une variabilité de comportement au stress hydrique a été observée entre les trois populations de myrte. En effet, on distingue que les populations B et C sont plus tolérantes que la population A. La tolérance au stress hydrique pendant la germination constitue un avantage d'adaptation des semences dès la première phase du cycle végétatif de l'espèce (Grouzis 1987). Par ailleurs, la germination des graines constitue un des multiples critères de sélection des populations pour la tolérance au stress hydrique. Elle ne représente nécessairement pas de corrélation avec les autres stades de croissance (Sy *et al.* 2001, Hamrouni *et al.* 2012), mais elle reste toujours un

stade à considérer pour évaluer la tolérance au stress hydrique des populations.

CONCLUSION

La présente étude est une contribution à l'évaluation du potentiel germinatif ainsi que de la tolérance au stress hydrique au stade germinatif de 3 populations de *Myrtus communis* L. provenant de France (A), de Tunisie (B) et du Maroc (C). Les résultats obtenus montrent que les populations B et C se caractérisent par un potentiel germinatif élevé qui dépasse 70 % en conditions d'eau et de température non limitantes (Hamrouni *et al.* 2006, 2012) en comparaison avec la population A qui n'excède guère 50 %. Ceci montre la vigueur des populations B et C.

Notre travail a permis aussi de montrer que le comportement germinatif de ces populations, étudiées en condition de contrainte de stress hydrique, diffère selon la population et la concentration du PEG 6000 appliquée au stade de germination. Un potentiel hydrique élevé favorise la germination dont le pourcentage dépasse 80 % (population C). Au contraire, un potentiel hydrique très bas (-1,6 MPa) le réduit jusqu'à un pourcentage de germination inférieur à 20 % (population A). Ainsi, il a été constaté que les populations de Tunisie (B) et du Maroc (C) sont plus tolérantes au stress hydrique par rapport à celle de France (A). Nous pourrions alors supposer que les populations B et C n'auront pas de grandes difficultés à germer en régions arides et semi-arides. Quant à la population A, en vue d'améliorer son pouvoir germinatif, nous recommandons de faire des traitements de levée de dormance et de tester la germination sous différents régimes thermiques. Toutefois, il demeure nécessaire de poursuivre les études sur le myrte à tous les stades de développement avant de se prononcer sur sa tolérance vis-à-vis du stress hydrique et de choisir la population la meilleure à exploiter pour valoriser les régions arides et semi-arides.

REFERENCES

- Agrimonti C., Bianchi R., Bianchi A., Ballero M., Poli F. & Marmiroli N. 2007. Understanding biological conservation strategies : a molecular genetic approach to the case of myrtle (*Myrtus communis* L.) in two Italian regions : Sardinia and Calabria. *Conservation Genetics*, 8, 385-396.
- Ahmed M. & Vardar Y. 1973. Distribution and Plasticity of *Myrtus communis*. *Phyton (Austria)*, 15, 1-2, 145-150.
- Almansouri M., Kinet J.M. & Lutts S. 2011. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Deef.). *Plant and soil*, 231, 234-254.
- Amigues J. P., Debaeke P., Itier B., Lemaire G., Seguin B., Tardieu F. & Thomas A. 2006. Sécheresse et agriculture. Réduire la vulnérabilité de l'agriculture à un risque accru de manque d'eau. *Expertise scientifique collective*, Rapport, INRA (Fr).
- Bell D.T. & Bellairs S.M. 1992. Effect of temperature on the germination of selected Australian native species used in the rehabilitation of bauxite mining disturbance in Western Australia. *Seed Science and Technology*, 20, 47-55.
- Berkat O. & Briske D. D. 1982. Water potential evolution of three germination substrates utilizing Polyethylene glycol. *Agronomy journal*, 74, 518-521.
- Botia P., Carvajal M., Cerda A. & Martinez V. 1998. "Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth". *Agronomie*, 18, 503-513.
- Call C. A. & Spoorts B. O. 1989. Characterisation and germination of Chasmogamous and basal axillary cleistogamous florest of Texas Wintergrass. *Journal of Range Management*, 42,1, 51-55.
- Gill P. K., Sharma A. D., Singh P. & Bhullar S. S. 2001. Effect of various abiotic stresses on the growth, soluble sugars and water relations of sorghum seedlings grown in light and darkness. *Bulg. Journal of Plant Physiology*, 27, 72-84.
- Gill P. K., Sharma A. D., Singh P. & Bhullar S. S. 2003. Changes in germination, growth and soluble sugar contents of Sorghum bicolor (L.) Moench seeds under various abiotic stresses. *Plant Growth Regulation*, 40 (2), 157-162.
- Grouzis M. 1987. *Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'oursi, Burkina Faso)*. Thèse d'Etat, Université Paris Sud, Centre d'Orsay (France). Collection Etudes et Thèses, Edit. ORSTOM, Paris, France.
- Gulumser A., Bozoglu H. & Peksen E. 2006. *Experimental Research Method*. Samsun, Turkey, 264 p.
- Hamrouni L., Khouja M. L. & Rejeb M. N. 2006. Effect of water stress on germination of some *Myrtus* provenances from different bioclimatic zones in Tunisia. Séminaire intern. "Les Plantes à parfum Aromatiques et Médicinales". IRA, Médinine, Tunisie.
- Hamrouni L., Souayah N., Khouja M. L. & Rejeb M. N. 2012. Effect of osmotic stress on *Myrtus communis* germination. *Biologia*, 67, 1, 132-136
- Kotowski F. 1926. Temperature relations to germination of vegetable seed. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 23,176-184
- Larbi A., Mekliche A., Abed R & Badis M. 1998. Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) en région semi-aride. *CIHEAM - Options Méditerranéennes*, 295-297.
- Mendes M.M., Gazarini L.C. & Rodrigues M.L. 2001. Acclimation of *Myrtus communis* L. to contrasting Mediterranean light environments, effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environ. Exp. Bot.* 45, 2, 165-178.
- Michel B. E. & Kaufman R. M. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant. Physiol.*, 51, 914-916.
- Migliore J., Baumel A., Juin M. & Médail F. 2012. From Mediterranean shores to central saharan mountains : key phylogeographical insights from the genus *Myrtus*. *Journal of Biogeography*, 39, 942-956.
- Moran M. S., Clarke T. R., Inoue Y. & Vidal A. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 49, 3, 246-263.
- Penuelas J., Save R., Marfa O. & Serrano L. 1992. Remotely measured canopy temperature of greenhouse strawberries as indicator of water status and yield under mild and very mild water stress conditions. *Agricultural and Forest Meteorology*, 58, 1-2, 63-77.
- Sy A., Giraud E., Jourand P., Garcia N., Willems A., de Lajudie P., Prin Y., Neyra M., Gillis M., Boivin-Masson C. & Dreyfus B. 2001. Methylobacterium bacteria nodulate and fix nitrogen in symbiosis with legumes. *J. Bacteriol.*, 183, 214-220.
- Tetsuto A. & Michio M. 2011. Geographic Variation in Germination Traits in *Melia azedarach* and *Rhaphiolepis umbellata*. *American Journal of Plant Sciences*, 2, 1, 52-55.

- Turner N. C. 1997. Further progress in crop water relations. *Advances in Agronomy*, 58, 293-338.
- Wahid N. 2012. La diversité génétique des ressources naturelles à l'épreuve de la satisfaction des besoins écologique et économique. *Journées nationales sous le thème : Substances Naturelles et Développement Durable*, 22-23 Juin 2012, Rabat, Maroc.
- Wahid N. 2013. Perspectives de la valorisation de l'usage et de la culture du *Myrtus communis* au Maroc. *Phytothérapie* (sous-presse).
- Yagoubi S. 1993. Irrigation d'appoint et efficacité de l'utilisation de l'eau. Cas de la pomme de terre. Centre international de hautes études agronomiques méditerranéennes, Bari (Italie).
- Yuan G., Luo, Y., Sun X. & Tang D. 2004. Evaluation of a crop water stress index for detecting water stress in winter wheat in the north china plain. *Agricultural Water Management*, 64, 1, 29-40.

Manuscrit reçu le 11/11/2013
Version révisée acceptée le 08/04/2014
Version finale reçue le 28/04/2014
Mise en ligne le 29/04/2014