

## Physiological diversity of cork oak seedling responses (*Quercus suber* L.) to water stress in Tunisia

## Diversité physiologique des réponses des jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber* L.) au stress hydrique en Tunisie



A. ABDESSAMAD<sup>1,2</sup>, Y. AMMARI, M. KSONTINI<sup>1</sup>,  
A.SALHI HANNACHI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Physiologie et d'Ecologie Forestier, Institut Nationale de Recherche en Génie Rural et Forestier INRGREF, BP 10, 2080 Ariana, Tunisie

<sup>2</sup> Laboratoire de génétique moléculaire, immunologie et biotechnologie, Faculté des Sciences de Tunis, 2092 El Manar Tunis, Tunisie.

\*Corresponding author: [abdou.slouma@yahoo.fr](mailto:abdou.slouma@yahoo.fr)

**Abstract** – The cork oak is the native forest species, the most represented in Tunisia especially Mogods and Kroumirie. This species is in considerable decline, estimated at 1.22% of the area per year (Abid and Selmi, 1998). The natural regeneration of cork oak by sowing and by stump rejection, encounters great difficulties, especially because of the high mortality in young plants. The failure of this regeneration is mainly caused by the environmental conditions characteristic of the Mediterranean climate (long dry seasons with hot winds, and high temperatures), as well as by predation and anthropogenic factors.

Our study consists of adaptation to drought at the juvenile stage to determine markers of drought resistance. For this, a study of the physiological and biochemical responses of cork oak seedlings, subjected to moderate and severe water stress, was conducted in nurseries in Tunis in twelve cork oak populations in Tunisia. We have determined water parameters, physiological.

**Keywords:** Cork oak, water stress, adaptation to drought, physiological markers, tolerance and avoidance.

**Résumé** - Le chêne liège est l'espèce forestière autochtone, la plus représentée en Tunisie surtout aux Mogods et en Kroumirie. Cette espèce est en régression considérable évaluée à 1,22 % de la superficie par an (Abid et Selmi ; 1998). La régénération naturelle du chêne liège par semis et par rejet de souche, rencontre de fortes difficultés surtout à cause de la grande mortalité chez les jeunes plants. L'échec de cette régénération est essentiellement causé par les conditions environnementales caractéristiques du climat méditerranéen (de longues saisons sèches avec des vents brûlants, et des températures élevées), ainsi que par la prédation et les facteurs anthropiques.

Notre étude consiste à l'adaptation à la sécheresse au stade juvénile afin de déterminer les marqueurs de la résistance à la sécheresse. Pour cela, une étude des réponses physiologiques et biochimiques de jeunes plants de chêne liège, soumis à une contrainte hydrique modérée et sévère, a été menée en pépinière à Tunis chez douze populations de chêne liège en Tunisie. Nous avons déterminé des paramètres hydriques, physiologiques.

**Mots clés :** Chêne liège, contrainte hydrique, adaptation à la sécheresse, marqueurs physiologiques, tolérance et évitement.

### 1. Introduction

Les forêts, bien qu'elles ne couvrent que le dixième de la surface de la planète, représentent presque 90% de l'ensemble de la biomasse et assurent près de la moitié de la production primaire de la biosphère

(Ksontini, 1996). Ces forêts subissent d'année en année une régression inquiétante, et c'est le cas des subéraies. Cette situation résulte de l'action combinée de plusieurs facteurs anthropiques (déboisement, déchéance), et naturels (sécheresse, chaleur estivale, forts rayonnements lumineux). A ces problèmes majeurs s'ajoutent les dégâts provoqués par les incendies, les maladies cryptogamiques et les agressions des insectes ravageurs.

En Tunisie, la végétation forestière se trouve cantonnée sur quelques versants de la dorsale Tunisienne et dans le secteur Ouest de La Kroumirie. Le chêne liège est l'espèce forestière autochtone la plus représentée et tout particulièrement, en Kroumirie et Mogood (Hasnaoui, 1992). Cette espèce est en régression continue (Natividade, 1950). La superficie des forêts a régressé de 127.000 ha en 1950 (Boudy, 1952) à 73.000 ha en 1995 (Direction générale des forêts, 1995) avec 45.000 ha de forêts productives situés pour les trois quarts en Kroumirie (Abid et Selmi, 1998). Cette régression peut être évaluée à 1,22 % de la superficie par an. Elle est due essentiellement, à l'absence de régénération naturelle par semi malgré une bonne glandée.

Les facteurs essentiels, qui font échec à la reconstitution naturelle par semis, sont la prédation et les facteurs anthropiques, en particulier l'insuffisance de la gestion forestière. L'impact de ces facteurs se trouve amplifié par des conditions environnementales particulièrement difficiles, propres au milieu méditerranéen : sécheresse importante en été, température élevée et forts rayonnements lumineux, affectant les semis en plein découvert.

L'avenir de la forêt de chêne liège se trouve donc gravement menacé et le problème de la régénération domine à l'heure actuelle, sur toutes les questions posées sur le chêne liège au niveau du bassin méditerranéen (Barberis et al., 2003 et GhouilAmimi, 2004).

De ce fait, il s'avère très important d'étudier les différences d'adaptation à la sécheresse au stade des jeunes plants, puisqu'il y a un taux élevé de mortalité chez les jeunes plants de chêne liège (Hasnaoui, 1992).

Si la teneur en eau diminue en dessous d'un certain seuil, une grande partie des activités physiologiques est détériorée. C'est pourquoi, la relation plante-eau a été l'objet de recherches scientifiques pendant les dernières années (Ksontini, 1996).

Cet article décrit une analyse des paramètres physiologiques de différentes populations de chêne liège en Tunisie afin de mettre en évidence une étude quantitative et qualitative comparative de différentes populations dans divers sites réalisés dans des conditions semi-contrôlées. Les buts principaux de cette étude consistent à l'utilisation des caractères physiologiques à travers la méthode de la courbe pression volume comme étant une condition semi-contrôlée après avoir appliqué une contrainte hydrique sévère sur des jeunes plants de différentes populations de chêne-liège. La compréhension de la caractérisation physiologique et l'identification appropriées de comportement des cultivars dans le chêne liège aux contraintes hydriques constituent des étapes indispensables en ce qui concerne le développement de multiples des stratégies.

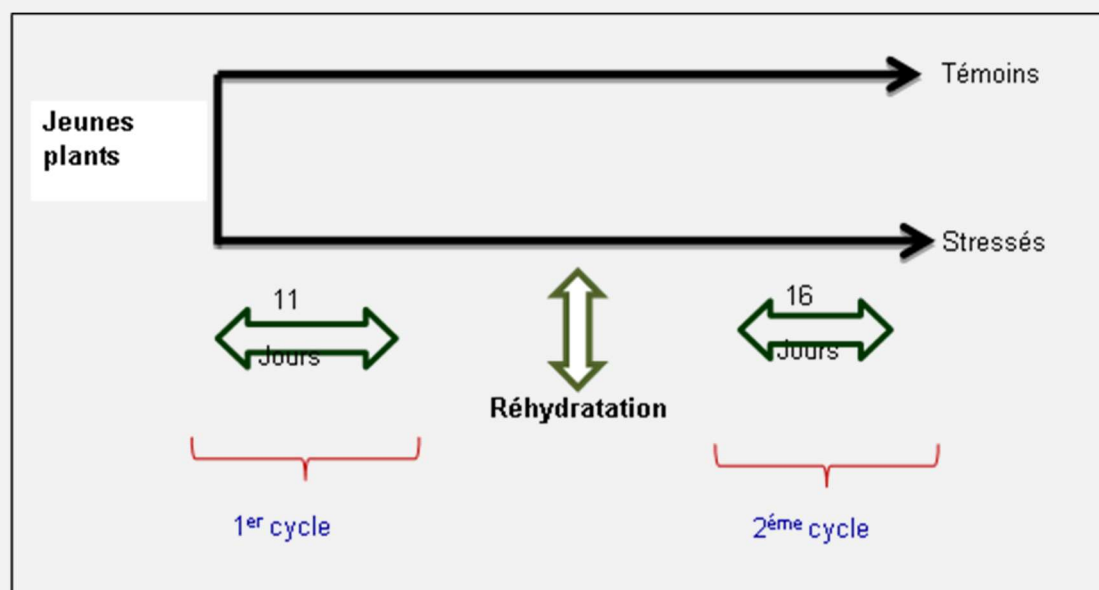
## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Matériel végétal et mesures

Un total de 144 plants de chêne liège (*Quercus suber* L) âgées de 2 ans ont été recensés à partir de différents endroits dans Kroumirie, Mogods et Cap Bon en Tunisie (15 individus de chaque population de Hammam Bourguiba [HB], Dar Fatma [DF], Oued Zeen [OZ], Ain Zana [AZ]; MejenEssef [ME]; Béni Mtir [BM]; Djebel Zouza [DZ] (Ain Draham) El Feidja [EF] (GarDimaou); Bellif [B] (Nefza); Djebel Khroufa [DK] (Tabarka); Keff El Rand [KR] (El Haouaria) et Hammam Jdidi [HJ] (Hammamet) (tableau 1 et tableau 2). Le choix des sites a été effectué conformément à la répartition géographique, le bioclimat et le relief.

#### - Conduite de l'expérimentation:

En condition semi contrôlée dans la pépinière l'I.N.R.G.R.E.F à l'Ariana sous un bioclimat semi aride supérieur. Les jeunes plants sont implantés dans des sachets en polyéthylène de 12 cm de diamètre et 20 cm de profondeur remplis d'un substrat (mélange contenant 1/3 de sable et 2/3 d'humus de chêne liège).



**Figure 1.** Schéma du protocole expérimental du stress hydrique

Le dispositif expérimental est installé en Juillet 2011, par division des jeunes plants âgés de 2 ans (12 plants /population/traitement) et issues de douze provenances en deux lots (Fig.1) Un lot de plants témoins (NS) sont arrosés tous les jours et un lot de plants stressés (S) par arrêt total d'arrosage suivant deux cycles de sécheresse : le premier cycle dure 11 jours et le deuxième dure 16 jours séparé par une réhydratation.

L'étude a été basée sur la technique courbe pression ou on estime les paramètres hydriques : potentiel osmotique à pleine turgescence  $\Psi_{\pi 100}$  et à turgescence nulle  $\Psi_{\pi 0}$ , le contenu relatif en eau à turgescence nulle R

WC0 et la fraction d'eau apoplastique (eau non vacuolaire ou eau liée : EL).

**Tableau 1.** Caractéristiques géographique, bioclimatique de relief de différentes populations de chêne liège (*Quercus suber*.L) en Tunisie.

Site	Région	Répartition géographique	Bioclimat (étage bioclimatique)
1-El Feidja	Ghardimaou	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
2-Beni M'ttir	Ain Drahem	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
3-Hammam Bourguiba	Ain Drahem	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
4-Dar Fatma	Ain Drahem	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
5-Oued Zena	Ain Drahem	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
6-Mejen Essef	Ain Drahem	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
7-Aïn Zana	Bouselm	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
8-Djebel Zouza	Nefza	Nord Ouest (Kroumirie)	Humide supérieur à hiver tempéré
9-Keff El Rand	Haouaria	Nord Est (Cap Bon)	Sub-humide supérieur à hiver chaud
10-Hammam Jdidi	Hammamet	Nord Est (Cap Bon)	Semi-aride inférieur à hiver chaud
11-Djebel Khroufa	Tabarka	Nord Ouest (Mogods)	Humide inférieur à hiver chaud
12-Bellif	Tabarka	Nord Ouest (Mogods)	Humide inférieur à hiver chaud

**Tableau 2.** Nom, code et régions des accessions de chêne liège (*Quercus suber*.L) en Tunisie

Accession	Code	Région
Dar Fatma	DF	Ain Draham
HammamBourguiba	HB	Ain Draham
OuedZeen	OZ	Ain Draham
Ain Zana	AZ	Ain Draham
MejenEssef	ME	Ain Draham
Béni Mtir	BM	Ain Draham
Keff El Rand	KR	El Haouaria
HammamJdidi	HJ	Hammamet
DjebelKroufa	DK	Tabarka
DjebelZouza	DZ	Nefza
ElFeidja	EF	Gar Dimaou
Bellif	B	Nefza

**Tableau 3.** Caractères physiologiques mesurées chez les accessions de chêne Liège (*Quercus suber*.L) en Tunisie

		$\Psi^{100\pi}$	$\Psi^0$	
Potentiel osmotique à pleine turgescence	Mpa			
Potentiel osmotique à turgescence nulle	Mpa			
Contenue relatif en eau à turgescence nulle	%	RWC0		
Fraction d'eau apoplastique : eau liée	%			EL
Volume d'élasticité volumique	Mpa		$\epsilon_{max}$	
Amplitude osmotique	Mpa		$A_pO$	
Ajustement osmotique	Mpa		AO	
Ajustement osmotique relatif	Mpa		AOR	

#### - Paramètres mesurés :

Dans l'analyse des courbes PV on estime les paramètres hydriques : potentiel osmotique à pleine turgescence  $\Psi_{100}$  et à turgescence nulle  $\Psi_0$ , le contenu relatif en eau à turgescence nulle RWC0 et la fraction d'eau apoplastique (eau non vacuolaire ou eau liée : EL) :

- ❖ **Le potentiel osmotique à pleine turgescence ( $\Psi_{100}$ )** : Il est estimé directement sur la courbe par extrapolation de la droite de régression jusqu'à l'axe des ordonnées (RWC=100%). Le  $\Psi_{100}$  détermine l'amplitude de la variation du potentiel de turgescence que les cellules peuvent développer
- ❖ **Le potentiel osmotique à turgescence nulle ( $\Psi_0$ )** : Il est estimé par projection sur l'axe des ordonnées du point d'intersection de la droite avec la courbe. Ce paramètre permet de connaître la limite inférieure du potentiel hydrique pour laquelle le potentiel de turgescence peut exister.
- ❖ **Le contenu relatif en eau à turgescence nulle (RWC0)** : La valeur est déterminée par projection sur l'axe des abscisses du point d'intersection de la droite avec la courbe
- ❖ **La fraction d'eau apoplastique: eau liée (EL)**: Suite à un déficit hydrique, Gaff et Can (1961) ont signalé le rôle important de l'eau apoplastique au cours d'un stress hydrique. En effet, il protège les tissus contre la perte en eau du symplasme. L'eau apoplastique serait probablement responsable du maintien de la turgescence en exerçant un rôle tampon en condition hydrique limitant, préservant l'eau intracellulaire. Il est déterminé par extrapolation de la droite de régression jusqu'à l'axe des abscisses.
- ❖ **l'ajustement osmotique  $\Delta\Psi_{100}$ : (AO)** : L'ajustement osmotique est déterminé indirectement à partir de la courbe pression volume; il est calculé à partir de la différence entre le potentiel osmotique à pleine turgescence  $\Psi_{100}$  des stressés et celui des témoins.

$$\text{L'ajustement osmotique} = \Psi_{100} \text{ stressée} - \Psi_{100} \text{ témoins}$$

- ❖ **L'ajustement osmotique relatif** : Il détermine le degré d'ajustement.

$$\text{AOR} = (\Delta\Psi_{100} / \Psi_{100} T) \times 100$$

## 2.2. Traitement statistique

Le traitement statistique effectué vise à comparer les variables étudiées, Il est réalisé grâce au logiciel Spss18. L'ensemble des mesures a fait l'objet d'une analyse de la variance à un facteur suivant le cas par le test F de Fisher pour vérifier l'hypothèse d'égalité des moyennes au seuil de risque de 5%. Les sorties graphiques ont été réalisées avec le logiciel.

## 3. Résultats et Discussion

### 3.1. Analyses multi variées : (Cycle 2 : Traitement Stressé) Caractérisation physiologique des populations du chêne liège

#### 3.1.1. Dispersion des populations dans le plan 1-2 de l'ACP

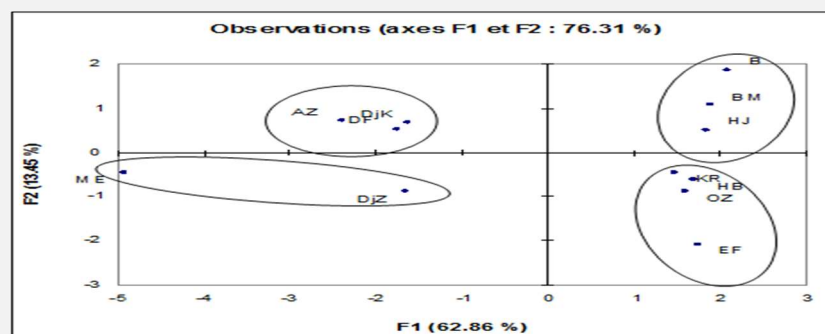
La représentation graphique de la dispersion des populations dans le plan engendré par les 2 premières composantes principales 76,315 % de la variabilité totale (Tab.28) révèle un regroupement plus ou moins hétérogène entre les populations. Elle révèle une dispersion discriminante assez claire des populations, mais, on peut toutefois estimer quatre agrégats de populations dans cette représentation graphique (Fig.81) :

- **Groupe 1** : formé par les 3 populations : Bellif (B) ; Béni Mtir (BM) et Hammam Jdid (HJ).
- **Groupe 2** : formé par les 3 populations : Dar Fatma (DF) ; DJ Khroufa (DK.) et Ain Zena (AZ).
- **Groupe 3** : formé par les 4 populations : Keff El Rand (KR) Hammam Bourguiba (HB) Oued Zen (OZ) et El Feidja (EF).
- **Groupe 4** : formé par les 2 populations : MéjenEssef (ME) et DJ Zouza (DZ).

Les caractères fortement corrélés au **premier axe** sont essentiellement défini par les caractères (Potentiel osmotique à pleine turgescence) ; (Potentiel osmotique à turgescence nulle) ; (continue relatif en eau) ; (l'eau liée) et (Ajustement osmotique) qui lui sont les plus corrélés positivement et présentent respectivement les valeurs (0,808) ; (0,993) ; (0,850) ; (0,205) et (0,346) ainsi que les paramètres (Elasticité cellulaire) ; (Amplitude osmotique) et (Ajustement osmotique relatif) qui lui sont fortement corrélés négativement et présentent respectivement les valeurs (-0,912), (-0,932) et (-0,897) (**Tab.3**). Il définit essentiellement la caractérisation physiologique.

**Le deuxième axe** est fortement corrélé positivement aux caractères l'eau liée (0,804) ; Elasticité cellulaire (0,078) ; l'amplitude osmotique (0,036) ; Ajustement osmotique (0,629) et Ajustement osmotique relatif (0,054) ; Alors que le paramètre Potentiel osmotique à pleine turgescence (-0,093) ; Potentiel osmotique à turgescence nulle (-0,060) et continue relatif en eau (-0,111) qui lui sont les plus corrélés négativement (**Tab.3**). Il définit essentiellement la caractérisation physiologique.

Les accessions du groupe 1 sont regroupées du côté positif de l'axe 1 et de l'axe 2. En revanche, les accessions du groupe 2 sont regroupées du côté positif de l'axe 1 du côté négatif de l'axe 2. Les accessions de groupe 3 sont regroupées de côté négative de l'axe 1 et du côté positif de l'axe 2. Les accessions de groupe 4 sont regroupées de côté négative de l'axe 1 et de l'axe 2. Cette dispersion par rapport aux principaux axes (F1 et F2) des individus de ces quatre groupes, confirme les résultats de l'ANOVA suggérant qu'il existe une différence significative et très significative pour tous les paramètres entre les accessions : DZ- DK-DF- KR- B- HB- HJ- AZ- ME- BM- EF-OZ.



**Figure.2.** Représentation de la projection de la caractérisation physiologique des différentes populations de chêne liège (*Quercus suber*:L) dans le plan 1-2 de l'analyse en composante principale pendant le cycle 2 de traitements stressés.



### 3.1.2. Matrice de corrélation

La matrice des coefficients de corrélation met en évidence de fortes corrélations (0,824 à 0,990) entre les caractères suivant (Tab.4) :

- Le potentiel osmotique à pleine turgescence est en corrélation positive avec le potentiel osmotique à turgescence nulle, avec le continu relatif en eau, l'eau liée et l'ajustement osmotique.
- Le potentiel osmotique à turgescence nulle est en corrélation positive avec le continu relatif en eau, l'eau liée et l'ajustement osmotique.
- Le continu relatif en eau est en corrélation positive avec l'eau liée et l'ajustement osmotique.
- L'eau liée est en corrélation positive avec l'ajustement osmotique.
- Des fortes corrélations négatives (-0,956 à -0,256) sont également à noter :
- Le potentiel osmotique à pleine turgescence est en corrélation négative avec l'élasticité cellulaire, l'amplitude osmotique et l'ajustement osmotique relatif.
- Le potentiel osmotique à turgescence nulle est en corrélation négative avec l'élasticité cellulaire, l'amplitude osmotique et l'ajustement osmotique relatif.
- Le continu relatif en eau est en corrélation négative avec l'élasticité cellulaire, l'amplitude osmotique et l'ajustement osmotique relatif.
- L'eau liée est en corrélation négative avec l'élasticité cellulaire, l'amplitude osmotique et l'ajustement osmotique relatif
- L'ajustement osmotique est en corrélation négative avec l'ajustement osmotique relatif.

**Tableau 4.** Matrice des corrélations simples entre les différents paramètres mesurés, au seuil de risque de 5%

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :

Variabiles	$\Psi100\pi$	$\psi\pi0$	RWC0	EL	( $\epsilon_{max}$ )	ApO	AO	AOR
$\Psi100\pi$	<b>1</b>							
$\psi\pi0$	0,777	<b>1</b>						
RWC0	0,640	0,824	<b>1</b>					
EL	0,072	0,153	0,139	<b>1</b>				
( $\epsilon_{max}$ )	-0,544	-0,943	-0,740	-0,147	<b>1</b>			
ApO	-0,558	-0,956	-0,788	-0,169	0,990	<b>1</b>		
AO	0,262	0,304	0,176	0,188	-0,223	-0,278	<b>1</b>	
AOR	-0,913	-0,875	-0,658	-0,158	0,711	0,727	-0,256	<b>1</b>

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$

### 3.1.3. Analyse de dendrogramme par la méthode de classification hiérarchique

Les distances calculées entre les couples de populations sont comprises entre **1,354** et **73,572**. La population MéjenEssef (ME) est la plus éloignée de la population Béni Mtir (BM) et à degré moindre entre la population de MéjenEssef (ME) et Bellif (B) avec des distances respectivement de **73,187** à **73,572**. Le rapprochement entre populations le plus remarquable existe entre la population Béni Mtir (BM) et la population Bellif (B) ; avec la distance la plus faible (de l'ordre de **1,354**) ainsi qu'entre la population Hammam Bourguiba (HB) et la population Oued Zen (OZ) avec une distance de l'ordre de **3,209**. Une classification hiérarchique ascendante des populations a été réalisée grâce à la matrice des distances euclidiennes.

**Tableau 5.** Disatnce euclidienne (Matrice de proximité) pour les 12 populations de chêne liège (*Quercus suber*.L) étudiées.  
 Matrice de proximité (Distance euclidienne)

	HB	DF	OZ	A Z	ME	BM	Dj Z	EF	DjK	B	KR	HJ
HB	0											
DF	30,697	0										
OZ	3,209	31,398	0									
A Z	48,934	31,106	51,165	0								
ME	69,636	52,103	72,097	21,796	0							
BM	5,448	32,840	4,945	52,890	73,572	0						
Dj Z	33,500	40,317	36,595	32,029	45,888	37,371	0					
EF	9,693	30,614	8,959	48,568	69,591	13,869	35,990	0				
DjK	54,491	46,317	57,450	22,293	24,267	57,923	26,141	56,903	0			
B	5,808	33,061	5,956	52,639	73,187	1,354	36,664	14,762	57,216	0		
KR	3,340	29,900	6,454	46,268	66,747	8,152	30,183	10,481	51,323	8,077	0	
HJ	11,238	29,850	14,430	41,222	60,789	14,715	22,756	17,101	43,924	14,051	8,067	0

### 3.2. Dendrogramme

A partir de la matrice des Distances euclidiennes on a pu réaliser un dendrogramme qui regroupe les 12 populations de chêne liège en 3 classes selon leur importance physiologique. Le degré de dis similarité de 4 classes comprise entre 70,836 et 146,570 (**Tab.6**).

**Tableau 6. Distances entre les objets centraux**

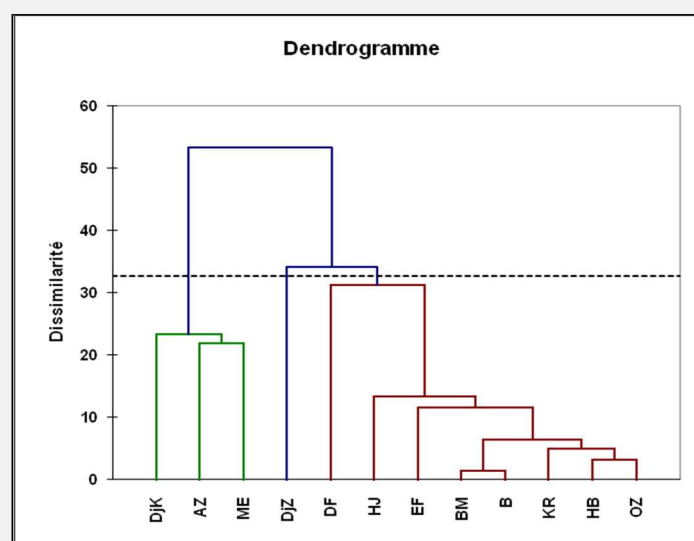
	KR	DjK	DjZ
KR	0		
DjK	146,570	0	
DjZ	86,937	70,836	0

Le dendrogramme obtenu représente 3 classes C1 ; C2 et C3 (en suivant les distances les plus proches entre les nœuds) : (**Fig.2**).

**1<sup>er</sup> classe :** représente la population Dar fatma ; Hammam Jdidi ; El Feidja ; Béni Mtir ; Bellif ; Keff El Rand; Hammam Bourguiba ; Oued Zeen.

**2<sup>ème</sup> classe :** représente les populations Djebel Khroufa ; AînZana et MéjenEssef

**3<sup>ème</sup> classe :** représente la population de DjZouza.



**Figure 3.** Classification hiérarchique des douze populations de Chêne liège (*Quercus suber*) basée sur les distances euclidiennes

Les plants stressés ont besoins d'une turgescence positive, compatible avec les activités physiologiques (Bejaoui et al. 2008). Ce processus constitue la principale forme physiologique d'adaptation au déficit hydrique. La quantification de cette adaptation se fait par la mesure des paramètres hydriques, Les paramètres estimés sont, le potentiel osmotique est généralement retenu à deux points: le potentiel osmotique à pleine turgescence ( $\Psi_{\pi}^{100}$ ), le potentiel osmotique à turgescence nulle ( $\Psi_{\pi}^0$ ) d'où un potentiel osmotique plus négatif indique une capacité accrue des plantes à absorber l'eau à partir du sol (Yaakou 1997), la fraction d'eau apoplastique ou eau liée (EL) et le contenu relatif en eau à turgescence nulle (RWC). Les propriétés osmotiques des cellules reflètent l'état intrinsèque des tissus végétaux en réponse aux facteurs environnementaux, et indiquent la capacité des arbres à réagir au stress hydrique. L'ajustement osmotique est un critère important, déterminant la capacité d'osmorégulation qu'il permet le maintien d'une turgescence compatible avec les activités physiologiques en conditions hydriques limitantes.

A la fin de premier cycle de stress; la réduction la plus élevée est enregistrée chez la population de Djebel Zouza, Aïn Zana, Béni Mtir, Hammam Jdidi (0.39 à 0.66 MPa), à degré moindre chez les populations de Dar Fatma, Méjen Essef et Keff El Rand (0.17 à 0.28 MPa) et plus faible chez les populations de Djebel Khroufa, Bellif, El Feidja, Oued Zeen et Hammam Bourguiba (0.01 à 0.10 MPa).

A la fin du deuxième cycle, la réduction la plus élevée est enregistrée chez les populations de Méjen Essef, Djebel Khroufa, Aïn Zana et Djebel Zouza (0.38 à 0.67 MPa), à degré moindre chez les populations de Dar Fatma, Hammam Jdidi et Keff El Rand (0.10 à 0.16 MPa) et plus faible chez les populations de Hammam Bourguiba, El Feidja, Bellif, Béni Mtir et Oued Zeen (0.02 à 0.06 MPa).

Nos résultats montrent que l'ajustement osmotique augmente considérablement à la fin du deuxième cycle chez les populations de Méjen Essef (de 0,22 MPa à 0,67 MPa); Dj khroufa (de 0,10 MPa à 0,57 MPa) et Hammam Bourguiba (de 0.01 à 0.06 MPa) ce qui explique que ces populations présentent une capacité importante d'osmo-régulation permettant aux tissus de développer une turgescence plus élevée et une stratégie de résistance à la contrainte hydrique. De même, pour les populations Keff El Rand (de 0,17 à 0,10 MPa); Oued Zeen (de 0.04 à 0.02 MPa); Bellif (de 0,10 à 0,03 MPa); Aïn Zana (de 0,51 à 0,44 MPa); mais ceci est limité dans le temps. Une diminution plus importante chez la population de Hammam Jdidi (de 0,39 à 0,11 MPa); Dar Fatma (de 0,28 à 0,16 MPa); Djebel Zouza (0,66 à 0,38 MPa); El Feidja (de 0,20 à 0,04) et Béni Mtir (de 0,44 à 0,02 MPa), à la fin de 2<sup>ème</sup> cycle, ce qui indique que ces populations manifestent donc une sensibilité vis à vis de la contrainte hydrique.

L'ajustement osmotique permet le maintien d'une turgescence compatible avec les activités physiologiques en conditions hydriques limitantes (Turner et al. 1980). Ces valeurs sont supérieures à celle enregistrée pour le chêne Kermès qui a un ajustement osmotique relatif de 9,83% (Ksontini, 1996). Des résultats analogues ont été trouvés par Hireche (2006) pour deux variétés *dessica* et *moapa*.

#### 4. Conclusion

L'analyse multi variée de la caractérisation physiologique de différentes populations de chêne liège (*Quercus suber* L.) montre une classification hiérarchique ascendante de populations rapprochées entre eux suivant le cycle de stress hydrique (en suivant les distances les plus proches entre les nœuds) :

- Les jeunes plants du chêne liège stressés pendant le cycle 2 montre une classification hiérarchique ascendante des populations représentées par 3 classes :

- 1<sup>er</sup> classe : représente la population Dar fatma ; Hammam Jdidi ; El Feidja ; Béni Mtir ; Bellif ; Keff El Rand; Hammam Bourguiba ; Oued Zeen.
- 2<sup>ème</sup> classe : représente les populations Djebel Khroufa ; Aïn Zana et Méjen Essef
- 3<sup>ème</sup> classe : représente la population de Dj Zouza.

De même que celle de plants témoins qui montre une classification représentées par 3 classes mais avec une répartition différente :

- 1<sup>er</sup> classe : représente les populations de Hammam Jdidi ; Keff El Rand ; Oued Zeen ; Bellif ; Hammam Bourguiba ; Béni Mtir et El Feidja.
- 2<sup>ème</sup> classe : représente la population Dar fatma.
- 3<sup>ème</sup> classe : représente les populations de Dj Zouza ; Méjen Essef; Aïn Zana et DJ Khroufa.
- Les populations de Méjen Essef et Djebel Khroufa malgré qu'il n'appartient pas au même groupe pendant le cycle 1 de stress hydrique, ils se regroupent ensemble pendant ceci explique bien leur réponse vis à vie au stress hydrique puisqu'ils présentent une capacité importante



d'osmo-régulation permettant aux tissus de développer une turgescence plus élevée et une stratégie de résistance à la contrainte hydrique, par contre celle de Hammam Bourguiba, malgré qu'elle présente le même réponse au stress elle appartient à d'autres groupes pendant le premier et le deuxième cycle.

- Les populations de Keff El Rand, Oued Zeen et Bellif appartient au même groupe pendant le cycle 2 de stress hydrique, ceci confirme leur résultat trouvé en vers leur réponse physiologique vis-à-vis au contrainte hydrique puisqu'il présentent une capacité importante d'osmo-régulation permettant aux tissus de développer une turgescence plus élevée et présente une stratégie de résistance à la contrainte hydrique mais ceci est limité dans le temps, par contre celle de AïnZana malgré qu'elle présente le même réponse au stress et elle appartient à d'autres groupes pendant le deuxième cycle.

- Les populations de HammamJdidi et Dar Fatma appartient au même groupe pendant le cycle 2 de stress hydrique ceci confirme leur résultat trouvé en vers leur réponse physiologique au contrainte hydrique puisqu'il manifeste donc une sensibilité vis à vis de la contrainte hydrique.

De même pour les populations de Hammam Jdidi, Dar Fatma, El Feidja, BéniMtir pendant le deuxième cycle de stress hydrique.

La population de Djebel Zouza malgré qu'elle présente une sensibilité vis à vis à la contrainte hydrique elle appartient chacun à un groupe seul pendant le deuxième cycle de stress

La différence de regroupement entre les populations pourrait être due à des facteurs biologiques et des facteurs génétiques liés à l'espèce.

### Remerciements

Ce travail a été soutenu par des subventions de l'Institut national de recherche en génie agricole, Eaux et forages (Institut Tunis Carthage) et la Faculté des sciences de Tunis (Université Tunis El Manar).

### 5. Références

**Abidi A & Abidi W (2009)** Evaluation de la qualité des glands de chêne-liège (*Quercus suber L.*) dans une séquence de la subéraie Tunisienne. Projet de Fin d'étude. Diplôme de Licence appliquée en Biotechnologie, Inst., Supér. De Biotechnologie Béja, Tunisie, 40p.

**Barberis A, Dettori S, Filigheddu MR (2003)** Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. *Journal of Arid Environments*. 54: 565 – 569.

**Béjaoui Z, Albouchi A, Ahmedi MS, El Aouina MH (2008)** Effet d'un assèchement édaphique sur la croissance, l'allocation de biomasse et les relations hydriques chez *Quercus suber* L. *Journal of Arid Environments* 101: 242-251.

**Boudy P (1952)** Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison rustique. Ed. Paris.

**Direction Générale de Forêts (DGF) (1995)** Résultats de l'Inventaire Pastoral National en Tunisie (I.P.N).

**Hasnaoui B (1992)** Chênaies du Nord de la Tunisie. Ecologie et Régénération. Thèse de Doctorat, Univ. De Provence-Aix-Marseille I.

**Hana G (2004)** Réponses du chêne liège aux contraintes environnementales : (Température, lumière et manque d'eau) : Application aux problèmes de régénération de la subéraie. Thèse de doctorat en sciences biologiques Option : Ecophysiologie végétale

**Hireche Y (2006)** réponse de la luzerne (*Medicago Sativa L*) au stress hydrique et à la profondeur de semis. Université Al HadJ Lakdar Hubac, C., Vieira, Da Silva, J. Indicateurs métaboliques de contraintes mésologiques. *Physiol. Vég*, 18, 45-53, 1980

**Ksontini M (1996)** Etude ecophysiologique des réponses à la contrainte hydrique du chêne liège (*Quercus suber*) dans le Nord-Tunisie: comparaison avec le chêne Kermès (*Q. coccifera*) et le chêne zeen (*Q. faginea*) Thèse université Paris XII Val De Marne, 157p.

**Natividade JV (1950)** Subericultura. Ministra da Economia, Direcção General dos serviços Florestais e Aquícolas Lisboa.

**Turner NC, Jones MM (1980)** Turgor maintenance by osmotic adjustment. A review and evaluation. In: Adaptation of plants to water and high temperature (Turner N.C. and Kramer P.J. eds) pp. 87 and 454 New York John Wiley and Sons.

**Yaakoub B (1997)** Relations Hydriques et formation des racines adventives caulinaires chez des semis d'épinette noire (*Picea Mariana* (Mili) Biologie végétale. Université du Québec, 92p