

## ETUDE DES POPULATIONS DE L'OLIVIER DE LAPERRINE (*Olea europaea* subsp. *laperrinei* Batt. & Trab.) DU SAHARA CENTRAL ALGERIEN (HOGGAR ET TASSILI) : ASPECTS BIOLOGIQUES ET CARACTERISATION MOLECULAIRE

BAALI-CHERIF D.<sup>(1)(\*)</sup>, BOUGUEDOURA N.<sup>(1)</sup>,  
BESNARD G.<sup>(2)</sup>, et BOUHIRED L.<sup>(1)</sup>

(1) LRZA/USTHB BP 44, 16000 Alger-Gare

(2) DEE, Bâtiment de Biologie, UNIL, CH-1005 Lausanne

(\*) Enseignant, INA El-Harrach, E-mail: bacherdj@yahoo.fr

### RESUME

L'olivier de Laperrine (*Olea europaea* subsp. *laperrinei*) est une *Oleaceae* endémique des régions montagneuses du Sahara central vivant en altitude (1400-2800 m) où les précipitations annuelles moyennes sont de 50 à 100 mm. En Algérie, elle est présente dans les massifs du Hoggar, du Mouyedir, du Tefedest et du Tassili n'Ajjer. Les populations de ce taxon relique sont en régression depuis les changements climatiques du Pléistocène. De plus, cette sous-espèce n'a montré aucune trace récente de régénération naturelle, et de ce fait, elle est menacée localement de disparition. Ceci justifie que l'olivier de Laperrine doit bénéficier d'urgence d'un programme de préservation.

Des études sur plusieurs aspects biologiques (biogéographie, caractères botaniques, histo-anatomie, germination, écologie et caractérisation moléculaire) ont été effectuées sur un nombre d'échantillons relativement exhaustif et couvrant une grande région du Sahara central algérien (Hoggar et Tassili) pour mieux connaître ce taxon en vue de le multiplier à grande échelle. Nos résultats montrent que les effectifs de ce taxon dans le sud algérien dépassent quelques centaines de pieds, voire quelques milliers. Ils confirment également que les oliviers du Sud et du Nord de l'Algérie sont phénotypiquement et génétiquement différenciés, bien qu'ils soient sexuellement compatibles. Sur la base de ces résultats, l'olivier de Laperrine doit être considéré comme une sous espèce du complexe *O. europaea*. Grâce à son mode de reproduction asexuée (croissance clonale), ce taxon peut maintenir une relativement grande diversité génétique depuis des millénaires et évite l'érosion génétique due à la reproduction sexuée dans de petites populations. Devant l'extrême sécheresse de l'environnement local et le broutement par les animaux, l'olivier de Laperrine

Les essais de multiplication par semis donnent des résultats satisfaisants. Cependant, il est encore nécessaire de déterminer si ce mode de multiplication favorise une régression de la diversité génétique due au faible nombre d'individus capables de se reproduire dans les populations. Le bouturage pourrait donc être un moyen alternatif de multiplier le taxon à grande échelle, car de plus, il préserve les qualités génétiques d'adaptation au milieu local.

**Mots clés :** ADN, Biogéographie, Biologie, Espèce menacée, Hoggar, Marqueur génétique, Microsatellites, Olivier, Tassili.

**دراسة في مجموعات زيتون لبيرين (*Olea europaea* subsp. *laperrinei* (Batt. & Trab.) لصحراء الوسطى الجزائرية (الهقار و الطاسيلي): جوانب بيولوجية و تصنيف جيني**

## المـلـخـص

زيتون لبيرين (*Olea europaea* subsp. *laperrinei*, *Oleaceae*) هو شجر زيتي خاص بالمناطق الجبلية من الصحراء الوسطى. يتواجد على إرتفاع يتراوح ما بين 1400م و 2500م حيث متوسط كميات الأمطار السنوية تنحصر ما بين 50 و 100 مم. في الجزائر، هذا الشجر ينمو في جبال الهقار، مويدير، تفسست و الطاسيلي ناجر. أعداد بقايا هذا الشجر في تناقص و ذلك منذ التغييرات المناخية التي طرأت في حقبة PLEISTOCENE. بالإضافة إلى ذلك فإن هذا النوع لم يظهر عليه إلى حد الآن أي اثر تجدد حديث. و هذا يحدده بالإنقراض محليا و يرشحه للإستفاداة من برنامج عاجل للحفاظ عليه. لقد أجريت دراسات على عدد كبير من عينات شجر الزيتون لبيرين شملت منطقة كبيرة من صحرائنا الوسطى (الهقار و الطاسيلي). تناولت هذه الدراسات عدة جوانب بيولوجية (بيوجغرافيا، بيئة، الصفات النباتية، دراسة أنسجة، انتشار و دراسة وراثية) لمعرفة أفضل لهذا النوع من الزيتون و ذلك لمكاثرتة على نطاق واسع. إن نتائجنا تؤكد أن شجر الزيتون في جنوب و شمال الجزائر مختلفان من حيث الشكل الخارجي و البنية الجينية بالرغم من كونهما ربما متجاوبين جنسيا. وبناء على هذه النتائج فإنه ينبغي أن يعد زيتون لبيرين نوعا فرعيا من مركب *Olea europaea*. إن أعداد هذا الشجر في الجنوب الجزائري تزيد عن بضع مئات و ربما عن بضع آلاف. بفضل طريقة تكاثره اللاجنسي (نمو تناسخي) فإنه يحافظ نسبيا على تعدديته الجينية و ذلك منذ آلاف السنين، بها يتفادى الانجراف الجيني الذي يسببه التكاثر الجنسي في المجموعات القليلة. في مواجهة قسوة و استمرارية جفاف المحيط المحلي و أكالات العشب التي تتغذى عليه فإن شجر الزيتون لبيرين قد اعتمد إستراتيجية أخرى للاستمرار في

الحياة المتمثلة في الإنكماش على الذات على شكل شجيرات. إن محاولات مكثرة هذه النوع من الزيتون عن طريق زراعة البذرة قد أعطت نتائج مرضية غير انه يتطلب تحديد ما إذا كانت هذه الطريقة التكاثرية تقلص من تعددته الجينية بسبب قلة الأفراد القابلين للتكاثر في المجموعات. قد يكون التفسيل طريقة بديلة في عملية مكثرة هذا النوع من الزيتون على نطاق واسع بالإضافة إلى كونه يحافظ على الخاصيات الجينية التي تمكنه من التأقلم مع الوسط المحلي

**كلمات المفتاح :** شجر الزيتون، DNA، بيوجغرافيا، بيولوجية، نوع في خطر، هقار، طاسيلي، مصنف جيني.

**STUDY OF THE LAPERRINE'S OLIVE POPULATIONS  
(*Olea europaea* subsp. *laperrinei* Batt. & Trab.)  
OF THE CENTRAL ALGERIAN SAHARA (HOGGAR AND  
TASSILI) : BIOLOGICS ASPECTS AND MOLECULAR  
CHARACTERISATION**

**A B S T R A C T**

The Laperrine's olive (*Olea europaea* subsp. *laperrinei*) is an endemic *Oleaceae* of mountainous lands of the central Sahara living at high altitudes (1400-2800 m) where the average annual rainfall is comprised between 50 and 100 mm. In Algeria, this relict taxon is found on four massifs: Hoggar, Mouyedir, Tefedest and Tassili n'Ajjer. Their populations are in regression since the climatic changes of the Pleistocene. In addition, this subspecies has never showed a recent natural regeneration, and for this reason, it is an endangered species which must urgently benefit of a preservation program. In order to better know this taxon, a study of some biological aspects (i.e. biogeography, ecology, botany, histo-anatomy, germination and molecular characterisation using microsatellites) was realised on a sample relatively exhaustive and covering a great part of our central Sahara (Hoggar and Tassili). Our results confirm that olives of south and north of Algeria are phenotypically and genetically differentiated, even if they are considered to be sexually compatibles. Based on these results, the Laperrine's olive must be considered as a subspecies of the *O. europaea* complex. South Algerian populations of this taxon should be constituted of several hundreds trees to about a few thousands. Due to an asexual reproduction mode (clonal growth), this taxon can maintain a relatively high genetic diversity, avoiding the genetic erosion due in the sexual reproduction in small populations. In response to a perpetual extreme drought and an over-grazing by animals, the Laperrine's olive adopts another strategy of surviving by stunting like a bush. Tries of multiplication by seeds were successful. Nevertheless, it must necessary to determine if this mode of multiplication could favour a regression of the genetic diversity due to the low number of individuals able to flower and bear fruits. The vegetative propagation must be an alternative mean to multiply the taxon at a great scale, since it may also preserve the genetic qualities of local adaptation.

**Keys words** : DNA, Biogeography, Biology, Threatened species, Genetic marker, Hoggar, Microsatellite, Olivier, Tassili.

## I. INTRODUCTION

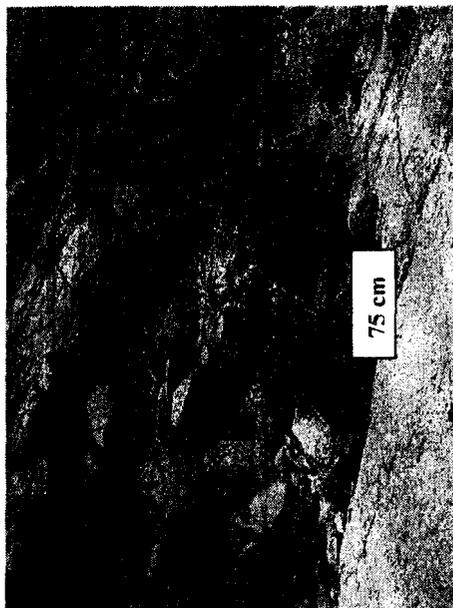
L'olivier de Laperrine (*Olea europaea* subsp. *laperrinei*) est l'une des six sous espèces du complexe taxonomique *O. europaea* défini par GREEN (2002) comme suit :

---

1 - <i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>europaea</i> a - var <i>sylvestris</i> (Miller) Lehr. = Oléastres b - var <i>europaea</i> = cultivars	Bassin méditerranéen Bassin méditerranéen
2 - <i>Olea europaea</i> subsp. <i>laperrinei</i> (Batt. & Trab.) Ciferri	Massifs du Sahara central
3 - <i>Olea europaea</i> subsp. <i>maroccana</i> (Greut. & Burd.) P. Vargas <i>et al.</i>	Haut Atlas marocain
4 - <i>Olea europaea</i> subsp. <i>guanchica</i> P. Vargas <i>et al.</i>	Îles des Canaries
5 - <i>Olea europaea</i> subsp. <i>cerasiformis</i> (Webb & Berth.) Kunk. & Sund.	Madère
6 - <i>Olea europaea</i> subsp. <i>cuspidata</i> (Wall.) Ciferri	Afrique du Sud jusqu'en Chine

---

Jadis, pour certains auteurs, il était considéré comme une espèce à part entière (*O. laperrinei*) notamment par BATTANDIER & TRABUT (1911) puis comme un olivier du bassin méditerranéen (*O. europaea*) qui s'est adapté aux conditions environnementales du Sahara central (CIFERRI, 1941). Il se développe dans le lit des oueds et les falaises des montagnes. L'arbre peut prendre soit un aspect érigé quand il est à l'abri des dégradations (Fig. 1) ou un aspect rabougré sous forme de buisson lorsqu'il est brouté par les animaux (Fig. 2). C'est une ressource génétique importante pour sa résistance à la sécheresse qui pourrait être utilisée comme porte greffe pour les variétés d'oliviers cultivés du Nord de l'Algérie. L'olivier de Laperrine doit profiter d'un programme de réhabilitation (BAALI-CHERIF *et al.*, 2002), sinon il pourrait disparaître comme ce fût le cas au Pléistocène dans le Tibesti au Tchad (QUEZEL, 1978). Seulement, quelques travaux ont été réalisés sur la biologie, la biogéographie et l'écologie de ce taxon par MAIRE (1933), BENICHO (1962), et plus récemment par BAALI-CHERIF *et al.* (2002) et BENARAR & BOUGUEDOURA (2002). Ces travaux demeurent cependant insuffisants devant l'ampleur de la menace de son extinction.



**Figure 2** : Oliviers de Laperrine très rabougris dans une falaise à Ilennanene dans le Hoggar

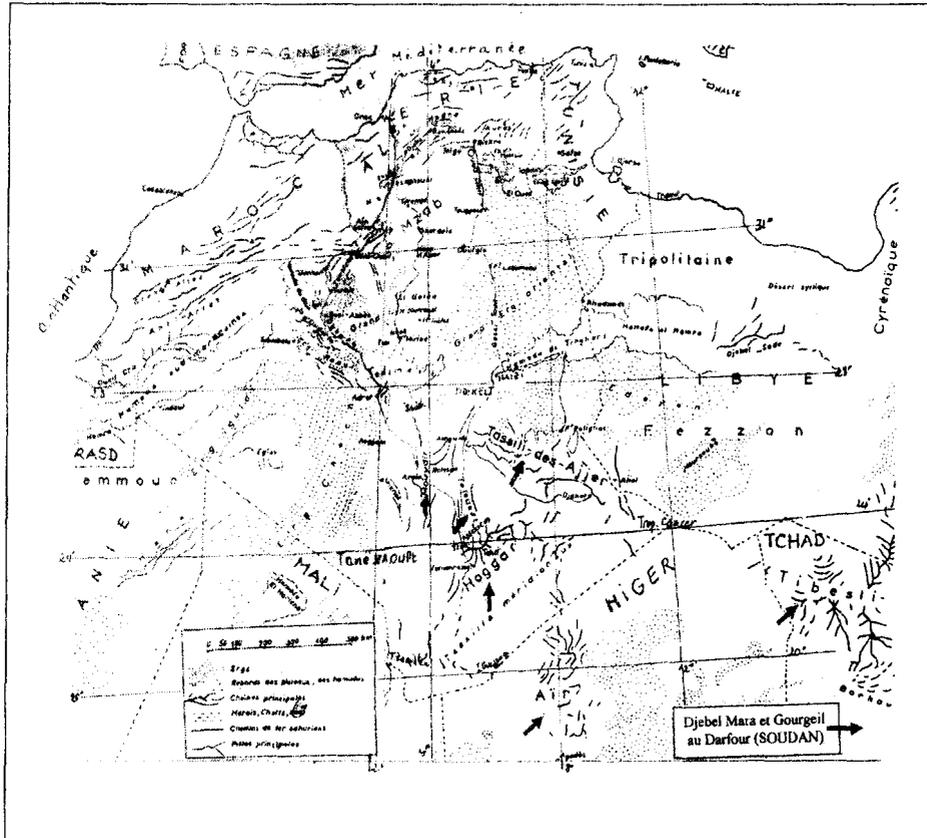


**Figure 1** : Oliviers de Laperrine en bon état dans une falaise de In-Ezebib dans le Hoggar

Les objectifs généraux des travaux réalisés à partir de 1996 étaient 1) d'établir l'importance de l'olivier de Laperrine dans le Sud algérien, de mieux connaître les effectifs de ses populations et d'apprécier son comportement dans son biotope, 2) de préciser sa taxonomie sans ambiguïté et de mieux cerner ses relations avec les autres populations du complexe *Olea europaea*, et 3) de mieux comprendre sa stratégie de survie. Au cours de nos travaux sur l'olivier de Laperrine, nous avons entrepris des études sur sa biogéographie et son écologie, ses caractères botaniques (morphologie de l'arbre, des feuilles, de l'inflorescence et du pollen, histo-anatomie des organes) et sa germination. Ces données nous ont permis notamment de discuter sur la controverse de sa position systématique. Ces études ont ensuite été poursuivies par une caractérisation moléculaire à l'aide de marqueurs microsatellites de plusieurs populations d'olivier de Laperrine du Hoggar et du Tassili afin de mesurer la diversité génétique de ce taxon en comparaison de l'olivier méditerranéen, d'appréhender ses stratégies de reproduction (croissance clonale, flux de gènes) et de retracer sa phylogéographie au sein du groupe d'oliviers du Sahara central.

## II. GENERALITES SUR LES REGIONS D'ETUDE

La description des deux régions considérées dans notre étude (Hoggar et Tassili) est importante pour bien comprendre les stratégies de maintien de l'olivier de Laperrine en conditions environnementales très arides (Fig. 3).



**Figure 3 :** Carte de situation des massifs montagneux à olivier de Laperrine (\*) dans le Sahara central africain ( ↑ ).

(\*) : Ce taxon est actuellement présent dans les massifs algériens du Hoggar, Tassili n'Ajjer, Tefedest et Mouyedir. Par contre, il a disparu du Tibesti (Tchad), bien que des pollens attestent de sa présence au Pléistocène (QUEZEL, 1978).

## 1. LE HOGGAR

Le Hoggar est la partie la plus méridionale du Sahara algérien comportant des particularités naturelles et biologiques. On y observe une diversité de milieux, une variété de structures et de paysages (VERLET, 1974). Ce massif est appelé par ses autochtones Touaregs "Ahaggar" et il s'étend sur environ 450000 km<sup>2</sup>. C'est un ensemble montagneux dont les sommets varient entre 2000 et 3000 m, il s'étend entre 21 et 25° de latitude Nord et entre 2 et 6° de longitude Est (Le HOUEROU, 1992). Le volcanisme a été particulièrement important vers la fin du Tertiaire et au Quaternaire dans la formation du relief (FURON, 1967). Les formes géomorphologiques ainsi formées (massifs, plateaux, falaises...) ont une importance botanique spéciale, car elles constituent pour certaines d'entre elles (gorges et gueltas) des zones refuges pour la flore (QUEZEL, 1965). Le Hoggar est pauvre en réserves hydrogéologiques (DUBOST, 1992). Les réserves en eau sont des écoulements souterrains contenus dans les zones d'élargissement des oueds qui sont quasi-exclusivement alimentés par les crues (GRIBI *et al.*, 1992).

## 2. LE TASSILI

Le Tassili n'Ajjer est un plateau immense qui se situe à une altitude élevée par rapport au reste du Sahara (1500 m). Cette particularité, en plus de sa structure, font de lui un milieu unique au Sahara central et ailleurs. D'une superficie de 80000 km<sup>2</sup>, il est situé au Sud-Est de l'Algérie, en grande partie dans la Wilaya d'Illizi. Ce plateau est formé d'éléments gréseux séparés par le sillon intra-Tassilien schisteux (LEREDDE, 1957). Le Tassili n'Ajjer est essentiellement constitué par l'un des morceaux de l'enceinte gréseuse qui entoure le très ancien bouclier saharien, dont la masse cristalline constitue le massif du Hoggar. Le Tassili est constitué de roches nues (grès ou basaltes) ne permettant pas aux eaux de pluie de s'infiltrer. Ces eaux ruissellent donc sur de grandes distances pour arriver au niveau de zones d'épandage constituées de sable et s'infiltrent pour alimenter la nappe phréatique (LEREDDE, 1957). La présence de points d'eau, permanents ou non, appelés « gueltas », constitue une des originalités du Tassili. Elles participent à l'accueil d'espèces animales et végétales des biotopes humides et constituent donc un milieu fondamental d'équilibre des milieux naturels sahariens.

## 3. LE CLIMAT DE LA REGION D'ETUDE

Le climat représente un des critères les plus importants dans la distribution géographique de la végétation saharienne. Le Sahara est le plus

grand des déserts et où les conditions climatiques atteignent leur plus grande âpreté. Elles sont dues d'abord à sa situation latitudinale, au niveau du tropique du Cancer, ce qui entraîne de fortes températures, et au régime des vents qui se traduit par des courants chauds et secs (DUBIEF, 1963). De plus, le Sahara central est privé de précipitations du fait de son éloignement de la mer (effet de la continentalité). Pour illustrer les conditions climatiques du Hoggar et du Tassili, les paramètres (température et pluviométrie) des stations météorologiques de Tamanrasset et Djanet sont résumés respectivement dans le Tableau 1.

#### 4. CARACTERES GENERAUX DE LA FLORE DU SAHARA

La végétation du Sahara est surtout confinée au niveau des habitats où les conditions topographiques sont favorables au maintien d'une vie végétale (dépressions, lits d'oueds, flancs de montagnes, régions dunaires...). La spécificité biologique du Sahara, ainsi que l'existence de vastes étendues constituant des obstacles indéniables à la dissémination des espèces, font que la flore est très pauvre en nombre d'espèces et que l'endémisme est particulièrement développé atteignant la valeur remarquable d'environ 25% (OZENDA 1991). Parmi les plus remarquables, citons les espèces constituant les flores du Hoggar (QUEZEL, 1954, 1965; OZENDA, 1991) et du Tassili (LEREDDE, 1957 ; BARRY *et al.*, 1976). Elles sont de diverses origines biogéographiques (saharo-arabiques, endémiques et cosmopolites) et de composition systématique relativement variée. Au Hoggar, la flore actuelle est pauvre par rapport à l'étendue de la région ; MAIRE (1933) y distingue 350 espèces. Au Tassili n'Ajjer, le nombre total d'espèces recensé par LEREDDE (1957) est d'environ 410. La liste de quelques espèces endémiques les plus connues au Hoggar et au Tassili (MAIRE, 1933; QUEZEL, 1954, 1965; BARRY & RISER, 1988; BOUCHENEB, 1999 ; BENHOUHOU *et al.*, 2003 ; CHENOUNE, 2005) est composée des taxons suivants: *Cupressus dupreziana*, *Myrtus nivellei*, *Olea europaea* subsp. *laperrinei*, *Ficus salicifolia*, *Lupinus tassilicus*, *Senecio hoggariensis* etc.

**Tableau 1** : Données météorologiques (moyennes mensuelles) des stations(\*) de Tamanrasset et de Djanet; ONM (2007)

			J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<b>ONM</b> <b>(1987-2006)</b>	<b>Tamanrasset</b> <b>(Hoggar)</b>	T (°C)	12,9	15,0	19,0	23,6	27,5	29,8	30,0	29,3	27,8	23,6	18	14,4	Moy. : <b>22,6</b>
		HR(%)	24,3	21,7	19,7	16	16,1	17,5	17,2	21,3	22,2	24,1	25,1	26,1	Moy. : <b>20,9</b>
		P mm)	1,73	1,18	6,78	1,3	2,82	8,25	7,11	10,38	4,45	9,47	1,1	0,71	Total : <b>55,3</b>
	<b>Djanet</b> <b>(Tassili)</b>	T (°C)	11,7	14,2	19,3	25,1	29,1	31,8	31,7	31,2	29,9	25,4	17,9	13,3	Moy. : <b>23,4</b>
		HR(%)	37,7	29,9	23,9	19,1	18,1	17,3	16,2	18,9	21,1	27,5	31,2	35,9	Moy. : <b>24,7</b>
		P(mm)	1,83	0,54	4,85	1,13	3,42	2,22	0,35	0,9	0,41	1,38	0,05	0,07	Total : <b>17,2</b>

(\*) : Tamanrasset (région du Hoggar ; Altitude: 1362 m, Latitude: 22°47N, Longitude : 05°31E) et de Djanet (région du Tassili; Altitude: 1054 m, Latitude: 24°55N, Longitude : 09°47E).

T = Température;

P = Pluviométrie ;

HR = Humidité relative.

ONM = Office National de la météorologie (Algérie)

### III - ETUDES ENTREPRISES SUR LE TAXON

#### 1. BIOGEOGRAPHIE

Nos recherches bibliographiques montrent que l'ensemble des anciens travaux (MAIRE, 1933 ; LEREDDE, 1957 ; QUEZEL, 1954 ; BENICHOU, 1962 ; OZENDA, 1991) donnent seulement une répartition géographique de l'olivier de Laperrine à l'échelle régionale dans le Sahara central. Afin de pouvoir sauvegarder ce taxon, il est tout d'abord nécessaire de regrouper un maximum de données avec suffisamment de précision sur sa biogéographie telles que la localisation des stations, leurs coordonnées géographiques (latitude, longitude, altitude), le nombre de pieds et le type de relief. Ainsi, dans cette partie, nous essayerons de faire le point pour dresser un bilan général sur l'inventaire de l'espèce à travers les stations que nous avons explorées au cours de nos différentes missions au Hoggar et au Tassili (Tableau 2).

Les 19 stations d'olivier de Laperrine que nous avons prospectées au Hoggar couvrent une superficie d'environ 3500 km<sup>2</sup>. On remarque que l'ensemble de ces stations accuse un nombre de pieds généralement limité, parfois inférieur à 5 (Tableau 2). Ce sont des stations exposées aux différentes actions de dégradations (homme et animaux) qui se trouvent dans les plateaux et lits d'oueds (e.g. Oued Ettoûl, Oued Inerjiouène ...). Par contre les stations isolées et localisées dans des endroits inaccessibles peuvent contenir une centaine de pieds (e.g. Tin Hamor, Tizioûadj, In-Tounin...). Dans la seule station de Tamrit du Tassili où nous avons exploré une aire de seulement 9 km<sup>2</sup>, nous avons recensé un nombre surprenant de 60 pieds, considéré en deçà de la réalité. Tous les auteurs qui connaissent la région (MAIRE, 1933 ; LEREDDE, 1957 ; BENICHOU, 1962 ; QUEZEL, 1965 ; OZENDA, 1991) signalent que dans le Tassili, l'olivier de Laperrine est moins fréquent que dans le Hoggar. De nos observations, il ressort qu'il y a donc une nécessité de revoir les anciens relevés et que le meilleur moyen de connaître le nombre exact d'individus dans chaque station est d'effectuer davantage de sorties sur le terrain. Selon A. Sahki (com. pers.), chercheur de l'INRF au Hoggar qui a eu l'occasion de faire plusieurs missions d'exploration, il y aurait plusieurs centaines (voire 1 à 3 milliers) de pieds d'olivier de Laperrine dans le Hoggar. Nos observations personnelles (plus de 700 pieds observés dans le Hoggar) confirment au moins ce fait. Toutefois, il est difficile d'estimer précisément le nombre de pieds présents dans le Hoggar et le Tassili car il existe peu de données chiffrées dans la littérature. De plus, il n'est pas toujours facile de compter tous les arbres présents du fait que les falaises sont difficiles d'accès. On peut donc supposer que le nombre de pieds est généralement sous estimé.

**Tableau 2** : Données sur les stations d'olivier de Laperrine observées durant nos missions au Hoggar et Tassili.

Dates des Missions	Noms des stations	Coordonnées géogr.		Alt. (m)	Nombre de pieds	
		Latitude	Longitude			
<b>HOGGAR</b>						
26/03/1996	Tin Hamor	22°50N	5°37E	1900	+ 100	
	Tizoûadj	23°15N	5°42E	2200	+ 100	
	Imouren	23°14N	5°28E	2300	+ 10	
	Afilal	23°09N	5°44E	2050	5	
30/05/2000	Oued Inerjiouène	23°50N	6°00E	1450	7	
10/05/2001	Oued Ettoûl	22°50N	5°21E	1400	3	
01/06/2004	Adjelella	22°38N	5°37E	1530	+ 16	
	In-Tounin	22°45N	5°38E	1390	+ 100	
	Tahâssa	22°47N	5°39E	1476	20	
	In-Ezzebib	22°48N	5°37E	1470	30	
	Hadriane	22°47N	5°35E	1600	+ 50	
	Oulet (Issekram)	22°54N	5°35E	1605	30	
	Ilennanene	22°55N	5°31E	1525	12	
	Tin-Aleo	23°05N	6°05E	1581	10	
	Tonget	23°07N	5°59E	1600	3	
	03/05/2007	Edîkel (Taessa)	23°05N	5°31E	1710	+ 80
		Akerakar (plateau)	23°04N	5°43E	1900	+ 80
04/08/2007	Akerakar (massif)	23°02N	5°42E	1875	+ 20	
	Ahounahamt	22°56N	5°41E	1870	15	
<b>TASSILI</b>						
30/04/2005	Tamrit	24°37N	9°35E	1710	+ 60	

## 2. ECOLOGIE

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés exclusivement aux espèces d'arbres et arbustes qui évoluent au voisinage immédiat (rayon de 5 à 20 m) de l'olivier de Laperrine dans les stations que nous avons explorées (falaise, ravin, Oued etc.) au cours des différentes missions effectuées dans le Hoggar et le Tassili afin de discuter en particulier des types de liens associatifs. L'olivier de Laperrine se trouve en regroupement avec les différentes espèces d'arbres et arbustes réunies dans le tableau 3.

**Tableau 3 :** Relevés des espèces végétales (phanérophytes) évoluant au voisinage de l'olivier de Laperrine dans les stations du Hoggar et du Tassili.

Noms des stations	Coordonnées géographiques		Alt. (m)	Espèces
<b>HOGGAR</b>				
Oued Ilamane	23°13N	5°28E	2000	<i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia ehrenbergiana</i> , <b><i>Pistacia atlantica</i></b>
Tin Hamor	22°50N	5°37E	1900	<i>Ficus salicifolia</i> , <i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia ehrenbergiana</i> , <i>Nerium oleander</i>
Tizoûadj	23°15N	5°40E	2700	<i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia ehrenbergiana</i>
Oued Ettoûl	22°05N	5°21E	1400	<i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia ehrenbergiana</i> , <i>Maerua crassifolia</i>
Adjelella	22°38N	5°37E	1530	<i>Rhus tripartita</i>
In-Tounin	22°45N	5°38E	1390	<i>Ficus salicifolia</i> , <i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia ehrenbergiana</i>
In-Ezzebib	22°48N	5°37E	1470	<i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia ehrenbergiana</i> , <i>Myrtus nivellei</i> , <i>Nerium oleander</i>
Tonget	23°07N	5°59E	1600	<i>Acacia ehrenbergiana</i>
Tin Aleo	23°05N	6°05E	1581	<i>Acacia ehrenbergiana</i>
Iskrem	22°55N	5°35E	1605	<i>Maerua crassifolia</i>
<b>TASSILI</b>				
Tamrit	24°37	9°35	1710	<i>Rhus tripartita</i> , <i>Acacia raddiana</i> , <i>Myrtus nivellei</i> , <i>Nerium oleander</i> , <i>Ziziphus lotus</i> , <i>Cupressus dupreziana</i>

Dans le Hoggar et le Tassili, on observe la même combinaison floristique, constatation faite également par LEREDDE (1957). Ce sont les espèces telles que *Rhus tripartita* et *Acacia ehrenbergiana* qui se retrouvent le plus dans cette combinaison. Une association particulière, répertoriée par QUEZEL (1965), mérite d'être évoquée : C'est celle de l'olivier de Laperrine avec le pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*) repérée au Hoggar (aux alentours de la station du Oued Ilamane). Cette association a son homologue à 2000 km dans le maquis au Nord de l'Algérie (région

méditerranéenne). Elle est constituée par *O. e. europaea* et le lentisque (*Pistacia lentiscus*), il s'agit sans doute d'une association vicariante.

Ces espèces répertoriées avec *O. e. laperrinei* du Sahara central (Hoggar et Tassili), qui est considéré comme un taxon appartenant à la végétation des lits d'Oueds des hautes montagnes du Sahara central, sont des éléments méditerranéens faisant partie des associations végétales vestiges des périodes humides du Quaternaire et actuellement en voie de disparition (QUEZEL, 1965). OZENDA (1991) considère que ces espèces sont de souche méditerranéenne et non de biologie méditerranéenne, car le climat régnant dans leur biotope n'est pas le même. MAIRE (1933) les appelait végétation orophile de l'étage saharo-méditerranéen. De ce fait, on constate que le caractère méditerranéen ressort toujours et ceci laisse penser que ces associations qualifient bien la relation étroite entre les sous-espèces *laperrinei* et *europaea* du complexe *Olea europaea*. BESNARD *et al.* (2007), à travers les marqueurs moléculaires de l'ADN chloroplastique, a d'ailleurs montré que *O. e. laperrinei* du Hoggar et *O. e. europaea* de l'Est méditerranéen sont phylogénétiquement très apparentés.

ANTHELME *et al.* (2008) trouvent au Niger dans les massifs de Bagzane et Tamgak, que les espèces arborescentes les plus importantes en association avec *O. e. laperrinei* sont des taxons généralement présents entre 1400 et 1900 m d'altitude. En l'occurrence, ces espèces sont *Rhus tripartita*, *Acacia ehrenbergiana* et *Acacia raddiana*. Au Hoggar et au Tassili, l'olivier de Laperrine est rarement associé à *Acacia raddiana*, car la distribution altitudinale de cette dernière espèce ne dépasse jamais les 1400 m tandis que l'olivier de Laperrine évolue généralement au-delà.

### 3. CARACTERES BOTANIQUEs GENERAUX

L'usage des caractères botaniques, à l'échelle de l'arbre, de l'organe (e.g. forme, taille des feuilles, fruits, fleurs et graines) et de la cellule (e.g. histologie, anatomie, palynologie) est utilisé depuis fort longtemps et jusqu'à nos jours pour caractériser les espèces du genre *Olea* (e.g. LINNE, 1734 ; de CANDOLLE, 1844 ; COUTANCE, 1877 ; JOHNSON, 1957 ; CIFERRI, 1941 ; BENICHOu, 1962 ; ALTAMURA *et al.*, 1982 ; MEDAIL *et al.*, 2001 ; GREEN, 2002) et également pour l'identification variétale (e.g. RUBY, 1917 ; HAUVILLE, 1953 ; ORTEGA, 1963 ; IDRISsI & OUAZZANI, 2003). Avant que les marqueurs moléculaires ne tranchent sur ses origines, les descripteurs botaniques ont montré avec la quasi certitude que l'olivier de Laperrine devrait être considéré comme un taxon endémique des montagnes du Sahara (BATTANDIER & TRABUT, 1911 ; MAIRE, 1933 ; QUEZEL, 1954 ; BENICHOu, 1962 ; GREEN, 2002). Pour étayer cette idée, nous présentons des observations que nous avons faites à l'issue de nos différentes missions au Hoggar et au Tassili sur plusieurs caractères

botaniques de l'olivier de Laperrine. Nos données étaient systématiquement comparées à celles obtenues sur l'olivier sauvage de l'Algérois (*O. europaea* subsp. *europaea*), aussi appelé Zebboudj (= oléastre).

### 3.1. ARCHITECTURE

L'observation des populations de toutes les stations (Hoggar et Tassili) montrent d'une façon générale que l'arbre a un aspect buissonnant composé de plusieurs rejets (3 à 6 en moyenne). Les rejets du centre du buisson, d'aspect normal, leur feuillage est exubérant et leurs rameaux sont vigoureux. Par contre, ceux de la périphérie ont de très petites feuilles et leurs rameaux sont très courts (Fig. 4). Il est rare de trouver un pied franc comme le cas des oléastres de l'Algérois (Fig. 5).

En définitive, l'olivier de Laperrine a une architecture typique en buisson avec de multiples rejets. Il ne nous est jamais apparu comme un arbre franc. Cette architecture a été également décrite par ANTHELME *et al.* (2008) pour l'olivier de Laperrine présent dans les massifs du Niger. Les mesures moyennes effectuées sur la taille des pieds des buissons des différentes stations explorées au cours de nos différentes missions au Hoggar et au Tassili sont représentées dans le Tableau 4.

**Tableau 4 :** Mesures moyennes (m) faites au niveau de la taille des buissons de l'olivier de Laperrine du Hoggar et du Tassili.

Buisson					
Pieds de la périphérie			Pieds du centre		
Hp	Ct	Ht	Hp	Ct	Ht
3,0 ± 0,5	0,2 ± 0,05	-	7,0 ± 1,0	0,4 ± 0,2	0,7 ± 0,2

Hp = Hauteur du pied,  
 Ct = Circonférence du tronc,  
 Ht = Hauteur du tronc. Nombre de pieds = 10

### 3.2. ETUDES MORPHOLOGIQUE ET HISTO-ANATOMIQUE DES APPAREILS VEGETATIF ET REPRODUCTEUR

Il serait fastidieux d'étudier les caractères morphologique et histo-anatomique au niveau des pieds de l'olivier de Laperrine de toutes les stations explorées au cours de nos différentes missions sur le terrain au Hoggar et au Tassili (700 pieds en 10 ans). Puisque tous ces pieds sont

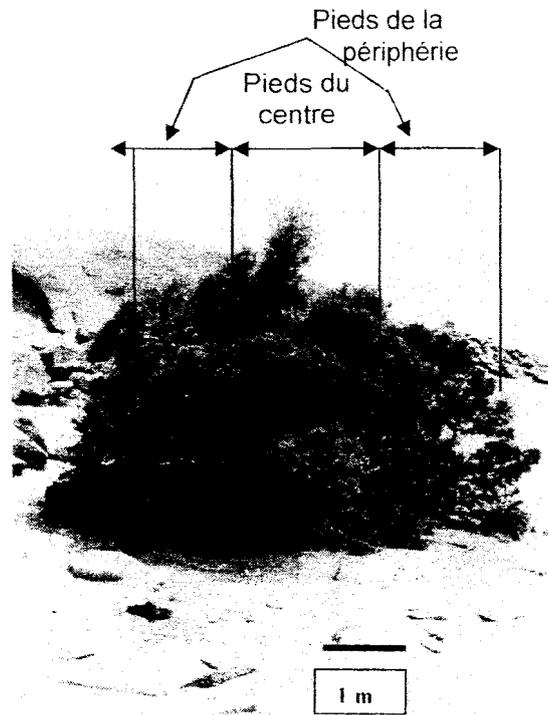


Figure 4 : Aspect buissonnant d'un olivier de Laperrine dans la station de Chaâba Akerkar (Hoggar).

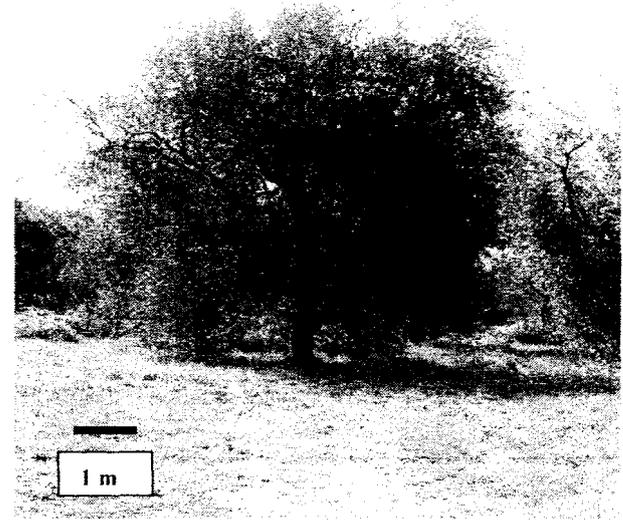


Figure 5 : Un pied franc de Zebboudj, oléastre de l'Algérois (*O. e. europaea*).

semblables, nous avons estimé plus judicieux de prendre uniquement la station de Tonget (Hoggar) comme la station de référence d'olivier de Laperrine pour nos différentes études comparatives avec l'oléastre de l'Algérois. Les méthodes utilisées pour l'étude de ces caractères sont des observations directes des organes végétaux (rameaux, feuilles et inflorescences) ou à partir des coupes réalisées au niveau de l'organe. L'essentiel des résultats est présenté sous forme de tableaux et de figures.

### 3.2.1. ETUDE MORPHOLOGIQUE

L'examen des résultats des caractères morphologiques des appareils végétatif et reproducteur regroupés dans les Tableaux 5 et 6, montre que dans leur globalité, ils rejoignent ceux trouvés par les différents auteurs cités dans le Tableau 7. Ainsi, ces observations confirment que la quasi-totalité des caractères pris en compte dans nos comparaisons sont différents pour les deux taxons (*O. e. laperrinei* et *O. e. europaea*). Les caractères qui mettent en évidence les différences les plus marquées sont la forme, la longueur, la largeur et l'aspect de la nervure principale pour les feuilles (appareil végétatif), le nombre d'inflorescence par rameau, le nombre de fleurs par inflorescence et la longueur de l'inflorescence chez l'appareil reproducteur.

### 3.2.2. ETUDE HISTO-ANATOMIQUE

L'étude des coupes transversales a été faite au niveau des trois types d'organes (tiges, feuilles, racines) préalablement fixés dans le mélange formol - acide acétique - alcool (FAA). On ne montrera ici que les résultats obtenus à travers les coupes faites au niveau des feuilles (Fig. 6), car en comparaison des autres organes (tiges, racines), seules les feuilles font ressortir plusieurs caractères distinctifs et intéressants à prendre en compte. Ces caractères se situent au niveau de l'épiderme, la cuticule, le parenchyme palissadique, la nervure centrale et du nombre de stomates. La quantification de ces différences engendrées par ces structures est matérialisée par des mesures moyennes qui sont consignées dans le Tableau 8.

L'examen des résultats de ce tableau 8, montre des différences nettes pour l'ensemble des caractères considérés pris deux à deux, pour les deux taxons. C'est pour cela que la plupart des auteurs ont généralement privilégié les caractères liés à la feuille par rapport à ceux de tige ou de la racine dans leurs études comparatives au sein du complexe *O. europaea* pour distinguer les taxons (BENICHO, 1962 ; MEDAIL *et al.*, 2001 ; VARGAS *et al.*, 2001 ; GREEN, 2002 ).

**Tableau 5 (\*)** : Comparaison des caractères morphologiques végétatifs (rameaux et feuilles) entre *O. e. laperrinei* (Hoggar) et *O. e. europaea* (oléastre de l'Algérois)

Taxons	Rameaux	Feuilles							
		Caractères Généraux	forme	Couleur		Nervure centrale	Taille (cm)		
				Face adaxiale	Face abaxiale		Longueur	Largeur	Longueur pétiole
<i>O. e. laperrinei</i>	Grêles flexibles, peu fournis en feuilles	Entières terminées en mucron ou obtuse sans stipules, glabres, persistantes en disposition opposées dans le rameau	Etroite linéaire	Verte	Argentée	Plate	4 - 6	0,5 - 0,7	0,2 - 0,5
<i>O. e. europaea</i> (Oléastre)	Bien portant et plus robustes, très fournis en feuilles		Oblongue	Verte	Argentée	Saillante	5 - 8	1 - 1,4	0,3 - 0,6

(\*) : Mesures moyennes faites sur 10 échantillons.

**Tableau 6 (\*)** : Comparaison des caractères morphologiques végétatifs (inflorescence, fleur, fruit) entre *O. e. laperrinei* (Hoggar) et *O. e. europaea* (oléastre de l'Algérois)

	Inflorescence (grappe)			Fleur			Fruit				
	Longueur (cm)	Nbre de Grappes par rameau	Nbre de fleurs par grappe	Couleur	Ø corolle (mm)	Longueur pédoncule (mm)	Forme	Epaisseur (mm)		Poids sec (g)	Dimensions Lxl (mm)
								Pulpe	Endocarpe		
<i>O. e. laperrinei</i>	2 - 4	6 - 10	8 - 6	Blanche	4 - 5	1 - 1,7	Ovoïde globuleuse	0,6-1	0,15-0,30	0,06-0,08	4-6 x 3-4
<i>O. e. europaea</i> (Oléastre)	3 - 6	8 - 15	8 - 10	Blanche	5 - 6	1 - 2	Ovoïde globuleuse	2-2,5	0,30-1,10	0,35-0,50	5-7 x 4-5

(\*) : Mesures moyennes faites sur 20 échantillons.

**Tableau 7 :** Données sur les caractères des appareils végétatif et reproducteur des deux taxons (*O. e. laperrinei* et *O. e. europaea*) de quelques auteurs.

Auteurs	Taxons	Feuille (cm)			Inflorescence Longueur (cm)	Fleur (cm)		Fruits (Lxl ; cm)
		Longueur	Largeur	Longueur pétiole		Ø corolle	Longueur pédoncule	
Benichou (1962)	<i>laperrinei</i>	2,8 - 4	0,3 - 0,8	0,2 - 0,4	2 - 3,5	0,20-0,25x0,20-0,25	0,12	-
	<i>europaea</i>	4 - 6,5	1 - 2	0,3 - 0,5	-	0,45-0,60x0,40-0,50	-	-
Médail et al. (2001)	<i>laperrinei</i>	(2,8)4 - 5(7)	(0,3)0,5 - 1(1,5)	0,2 - 0,4	2 - 3	0,4 - 0,6	Développé	0,5-0,8 x 0,4-0,5
	<i>europaea</i>	(2)5 - 6(8)	(0,5)1 - 1,5 (2)	0,3 - 0,6	3 - 7	0,4 - 0,5	Absent	1-3,5 x 0,6-2
Baali-Cherif et al. (2002)	<i>laperrinei</i>	4,60	0,50	0,36	2,41	-	-	0,4 x 0,5
	<i>europaea</i>	5,49	0,84	0,37	3,29	-	-	0,8 x 1,5

**Tableau 8 (\*)** : Anatomie comparative de la feuille des deux taxons (*O. e. laperrinei* et d'*O. e. europaea*) : Epaisseur (micromètre) de la cuticule, de l'épiderme et du parenchyme palissadique (pp) et nombres de stomates et d'assises dans le pp.

Taxons	Face de la cuticule		Face de l'épiderme		Nbre de stomates par mm <sup>2</sup> f.abaxiale	Face du parenchyme palissadique				Nervure centrale
	adaxiale	abaxiale	adaxiale	abaxiale		adaxiale		abaxiale		
						Epaisseur	Nombre d'assises	Epaisseur	Nombre d'assises	
<i>laperrinei</i>	3,88±0,26	3,55±0,22	16,81±2,19	14,35±1,94	263 ± 17	105,34±23	2	30,12±3,19	1	plate
<i>europaea</i> (Oléastre)	9,89±0,37	5,04±0,29	18,71±2,82	22,31±3,87	218 ± 11	78,32±8,1	2	-	0	saillante

(\*) : Mesures moyennes faites sur 10 échantillons.

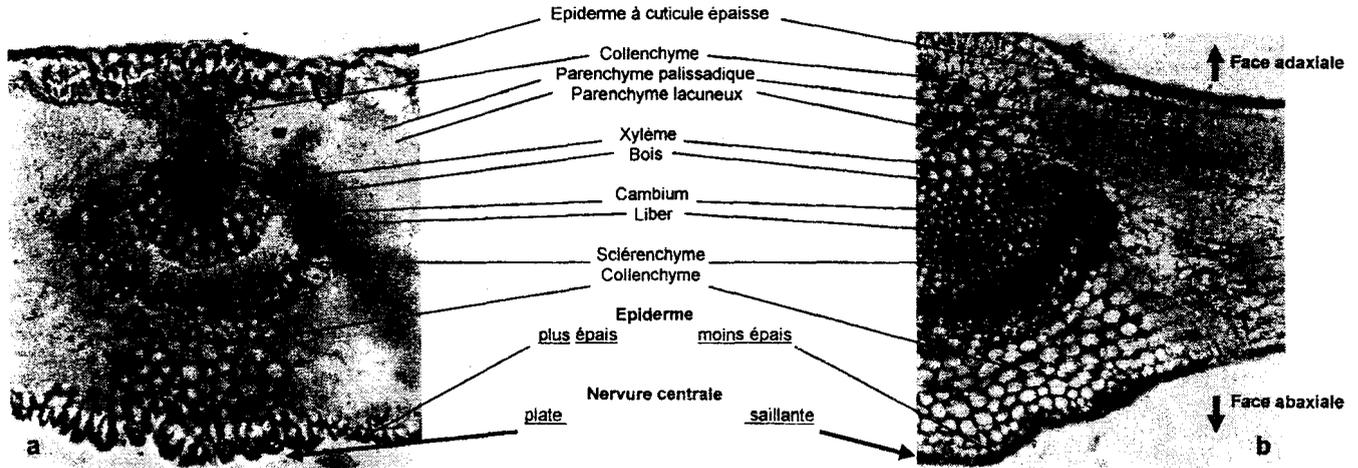


Figure 6 : Coupes transversales au niveau de feuilles d'olivier vues au microscope photonique:  
a : Olivier de Laperrine (Gx 110.25)  
b : Oléastre de l'Algérois (Gx 276.25)

#### 4. EXAMEN DU POLLEN

Un examen du pollen a été effectué dans le but de faire la comparaison sur le plan morphologique entre les deux taxons d'olivier considérés dans cette étude. Les grains de pollen observés dans une goutte d'eau, proviennent de fleurs fixées dans le FAA. Le pollen des stations de Tonget (Hoggar) et de Djanet (Tassili) a pu être visualisé par un microscope confocal à balayage à laser (Leica TSC SP2 AOBS). Les différentes mensurations effectuées au niveau du grain de pollen ont été faites à l'aide d'un micromètre sous observation en microscopie photonique. Les résultats obtenus sont représentés dans le

**Tableau 9** : Comparaison au niveau des grains de pollen de l'olivier de Laperrine (Hoggar et Tassili) et de l'oléastre de l'Algérois. Les dimensions sont données en micromètre.

Taxon	Localité	Diamètre	Sillon		Exine	Verrue
			Longueur	Largeur		
<i>O. e. laperrinei</i>	Hoggar	22,6 ± 2,19	9,19 ± 0,99	2,73 ± 0,39	1,33 ± 0,21	0,38 ± 0,04
	Tassili	22,0 ± 2,10	9,09 ± 1,00	2,62 ± 0,25	1,48 ± 0,38	0,36 ± 0,04
<i>O. e. europaea</i> (Oléastre)	Alger	23,2 ± 2,45	9,92 ± 1,12	2,56 ± 0,36	1,28 ± 0,19	0,35 ± 0,04

Nombre d'échantillons examinés : 20

L'examen du Tableau 9 montre à travers l'ensemble des paramètres mesurés une différence remarquable entre l'olivier de Laperrine et l'oléastre de l'Algérois en ce qui concerne le diamètre du grain de pollen, l'épaisseur de l'exiné et la taille des verrues. Par ailleurs, nous n'avons pas trouvé de divergences majeures entre les pollens d'olivier de Laperrine du Hoggar et du Tassili. BENICHOU (1962), en comparant des pollens d'oliviers de Laperrine d'une région du Hoggar (Temmez-Lezzene) et ceux d'oliviers de l'Algérois (Hydra, Alger) avec la même procédure, avait constaté également des différences indiscutables.

#### 5. GERMINATION

Un des moyens de multiplication à grande échelle de l'olivier de Laperrine serait de produire des semis. Dans le but d'avoir quelques éléments de réponse sur sa germination, nous avons mené une petite étude

à partir des fruits que nous avons récoltés. Quatre essais ont été pratiqués en faisant varier différents paramètres (LOUSSERT & BROUSSE, 1978): scarification ou non, type de substrat (sable et terreau), ajout ou non d' $H_2SO_4$  (acide sulfurique), température (à 5 ou 22°C) et luminosité (lumière ou obscurité). L'expérience a été conduite durant la période de février - mars - avril de l'année 1999 au laboratoire à Alger. Les essais sont réalisés sur des lots de 50 [fruits (noyau + pulpe) ou noyaux]. Nous avons utilisé un fruit ou un noyau par boîte de pétri dans nos différents traitements. L'irrigation est faite par de l'eau distillée. Les tests effectués pour l'ensemble des essais se résument comme suit :

### **Essai 1**

Un lot de fruits et un autre de noyaux préalablement mis à tremper dans de l'eau distillée pendant trois jours sont semés dans du terreau + sable (1/1). Aucune germination (0%) n'a été observée durant la période d'essai (35 jours) dans les conditions environnementales du laboratoire (T = 22°C, HR = 70 %, Obscurité).

### **Essai 2**

Les fruits sont scarifiés (cassure avec soin du noyau ou endocarpe) pour permettre la sortie de l'embryon contenu dans la graine au cours de la germination), puis sont mis à germer dans deux substrats différents : un premier lot dans du papier filtre et le second dans du terreau + sable (1/1). Ces deux lots sont placés dans les mêmes conditions de laboratoire (T = 22°C, HR = 70 %, Obscurité). Au bout de 35 jours, nous avons observé 38 % de germination pour le premier substrat et 100 % pour le deuxième. Nous avons pris la période de 35 jours comme une référence de comparaison dans les divers traitements, car c'est la durée nécessaire pour obtenir 100% de germination.

### **Essai 3**

Trois lots de fruits sont mis pendant 24 h dans l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) à différentes concentrations, puis ont été semés dans le substrat terreau + sable (1/1). Les pourcentages de germination sont reportés dans le Tableau 10 :

**Tableau 10** : Le pourcentage (%) de germination après 35 jours en fonction de la concentration d'  $H_2SO_4$ .

Lot	$H_2SO_4$	% germination après 35 j.
1	N/10	34 %
2	N	22 %
3	2N	18 %

**Essai 4**

Deux lots de noyaux bien nettoyés ont séjourné pendant 3 jours, l'un à 5°C et l'autre à la température ambiante de 22°C, puis sont placés dans le substrat terreau + sable (1/1). Les pourcentages de germination sont reportés dans le Tableau 11 :

**Tableau 11** : Le pourcentage (%) de germination après 35 jours en fonction de la température.

Lots	Température (°C)	% germination après 35 j.
1	5	52 %
2	22	0 %

A la lumière de ces résultats, il ressort que l'inhibition de la germination est de type tégumentaire, car pour que la graine germe il faut soit casser le noyau, soit ramollir l'endocarpe sclérifié par un acide, ou bien encore lever sa dormance par le froid pour permettre à l'embryon de se développer. Certes, la baisse de la température et le trempage des semis dans de l'acide sulfurique dilué accélèrent la levée de la dormance et améliorent le taux de germination. Toutefois, ces deux techniques demeurent moins performantes que la scarification mécanique (cassure du noyau). Cette dernière est assez difficile à mettre en œuvre car il est nécessaire de provoquer la cassure de l'endocarpe (qui est très fin) sans abîmer l'embryon. BENARAR & BOUGUEDOURA (2003), dans leurs essais sur la germination des graines de l'olivier de Laperrine, dans la pépinière dans la station de l'INRF de Tamanrasset (Hoggar), ont abouti à la même conclusion.

Dans les conditions naturelles du Sahara où sévit une extrême sécheresse, la germination des fruits de l'olivier de Laperrine est bien évidemment extrêmement difficile. Pour cela, une graine devra trouver suffisamment d'eau tout en ayant levé sa dormance. Nous pouvons supposer qu'un tel événement est peu probable dans les conditions naturelles actuelles.

## **6. CARACTERISATION MOLECULAIRE DES POPULATIONS D'OLIVIER DE LAPERRINE A L'AIDE DE MICROSATELLITES**

Dans la présente partie de ce travail, nous avons étudié des populations d'olivier de Laperrine du Hoggar à l'aide de marqueurs moléculaires dans le but de mieux connaître leur diversité génétique et de comprendre le mode préférentiel de reproduction des populations. Nous avons utilisé pour cela des microsatellites SSR (single sequence repeat) de l'ADN nucléaire. Quelques pieds d'oléastres provenant du Mont Belloua (Algérie) et de Tamanar (Maroc) ont également été analysés avec les mêmes outils à titre de comparaison. Cette étude a fait l'objet en partie d'une publication dans *Annals of Botany* (BAALI-CHERIF & BESNARD, 2005).

### **6.1. MATERIEL ET METHODES**

Les coordonnées des échantillons qui ont été caractérisés à l'aide de marqueurs moléculaires sont indiquées dans le Tableau 12. Quatre petits massifs isolés les uns des autres (e.g. Adjelella, Adrar Heggueghene, Issekrâm et Tanarouatine) ont été échantillonnés. Pour chaque pied analysé, un jeune rameau de 10 à 15 feuilles a été prélevé. Leurs feuilles sont choisies parmi celles qui ne présentent aucun symptôme de défaillance (en particulier pas de présence de champignon). Elles sont mises immédiatement dans des enveloppes avec du gel de silice pour les sécher rapidement et assurer leur bonne conservation.

L'extraction de l'ADN de chaque échantillon a été réalisée à partir des feuilles à l'aide d'une méthode CTAB (BESNARD *et al.*, 2000). La caractérisation moléculaire de ces individus a été réalisée à l'aide de neuf microsatellites nucléaires (Tableau 13); ces derniers sont généralement hautement polymorphes par rapport à d'autres types de marqueurs (e.g. ADN plastidique, AFLP, RAPD) et ils permettent également d'estimer directement l'hétérozygotie (BELAJ *et al.*, 2003). L'amplification par PCR (Polymerase Chain Reaction) de chaque locus a été faite indépendamment. L'électrophorèse des produits PCR a ensuite été réalisée sur un gel de polyacrylamide à 5 % (BAALI-CHERIF & BESNARD, 2005).

**Tableau 12 :** Coordonnées géographiques des populations d'olivier caractérisées dans cette étude.  $N_R$  correspond au nombre de pieds choisi dans chaque site.  $N_G$  représente le nombre de géotypes identifiés après caractérisation moléculaire

Sous-espèce	Site	Altitude	Latitude	Longitude	$N_R$	$N_G$
<i>laperrinei</i>	Adjelella, Algérie	1530 m	22°38 N	5°37 E	10	9
	Adrar Heggueghene, Algérie <sup>a</sup>	1390-1600 m	22°47 N	5°37 E	65	57
	Issekrâm, Algérie <sup>b</sup>	1525-1605 m	22°55 N	5°33 E	23	20
	Tanarouatine, Algérie <sup>c</sup>	1580-1600 m	23°06 N	6°03 E	13	8
<i>europaea</i>	Gué de Constantine, Algérie	30 m	36°42 N	3°33 E	20	20
	Birkhadem, Algérie	30 m	36°42 N	3°39 E	14	14
	Mt Belloua, Algérie	790 m	36°47 N	4°04 E	7	7
	Tamanar, Essaouira, Maroc	~ 25 m	32°00 N	9°33 W	6	6

<sup>a</sup> "Adrar Heggueghene" = Stations Hadriane + In-Ezzebib + Tahâssa + In-Tounin ;

<sup>b</sup> "Issekrâm" = Stations Oulet + Ilennanene ; <sup>c</sup> "Tanarouatine" = Stations Tin-Aleo + Tonget.

**Tableau 13** : Loci microsattellites sélectionnés pour la caractérisation des deux taxons d'olivier

Loci	Références
DCA1, DCA3, DCA8, DCA9, DCA14, DCA15	Sefc <i>et al.</i> (2000)
GAPU45	Carriero <i>et al.</i> (2002)
PA(ATT)2	Saumitou-Laprade <i>et al.</i> (2000)
EMO03	de la Rosa <i>et al.</i> (2002)

## 6.2. TRAITEMENT DES DONNEES

A partir de nos données, différentes analyses ont été effectuées. Tout d'abord, nous avons estimé la distance génétique ( $d$ ) entre chaque paire d'individus. La distance SAD (« Shared Allele Distance »; JIN & CHAKRABORTY, 1993) a été utilisée. Celle-ci se base sur la proportion d'allèles en commun entre chaque paire d'individus ( $d = 1 - \text{proportion d'allèles en commun}$ ). A partir de la matrice de distances, les proximités génétiques entre individus ont été visualisées sur un arbre phénétique (non montré ici) reconstruit à l'aide de l'algorithme du Neighbor-joining (SAITOU & NEI, 1987). Afin de s'assurer de la validité des branches mises en évidence, un tirage aléatoire des loci avec remise (« Bootstrap ») a été effectué. Pour chaque branche, une valeur « Bootstrap » a été calculée. Celle-ci correspond au pourcentage des arbres dans lesquels on retrouve cette branche sur 1000 tirages aléatoires effectués. L'ensemble de ces analyses a été effectué à l'aide du logiciel POPULATION v.1.2.28 (LANGELLA, 1999).

La richesse allélique ( $R_S$ ) a été déterminée pour chaque sous espèce étudiée selon EL MOUSADIK & PETIT (1996). Il s'agit d'une mesure du nombre d'allèles indépendamment de la taille de l'échantillon, permettant ainsi des comparaisons entre des échantillons de taille différente. L'hétérozygotie observée ( $H_O$ ) a ensuite été calculée. La diversité génétique totale exprimant les diversités génétiques intrapopulation et interpopulation a été estimée selon la méthode de NEI (1987) :  $H_T = 1 - \sum p_i^2$  ( $p_i$  = la fréquence de l'allèle  $i$  au locus considéré et  $H_T$  = l'hétérozygotie théorique sous l'hypothèse de Hardy-Weinberg). Ces analyses ont été effectuées avec le logiciel FSTAT (GOUDET, 1995).

### 6.3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les marqueurs microsatellites utilisés montrent une très bonne transférabilité de la sous-espèce *europaea* à *laperrinei* confirmant ainsi les observations de RALLO *et al.* (2003). Les neuf loci pris dans notre étude sont polymorphes pour les deux sous espèces (Tableau 14). Ainsi le nombre total d'allèles révélés pour les deux taxa est de 85 pour l'oléastre du Maghreb (sur 47 individus) et 89 pour l'olivier de Laperrine du Hoggar (sur 94 génotypes). La richesse allélique ( $R_s$ ) n'est pas significativement différente entre ces 2 taxa (test de t apparié,  $t = 0,45$ ,  $p > 0,40$ ). La diversité génétique totale est aussi comparable pour les deux sous espèces ( $H_T = 0,63$  et  $0,61$ , respectivement pour subsp. *europaea* et *laperrinei*). Seulement 31 allèles (soit 21,7%) sont communs entre les deux sous-espèces reflétant une nette différenciation entre ces deux taxa déjà observée par ANGIOLLILLO *et al.* (1999), BESNARD (1999), HESS *et al.* (2000) et RUBIO de CASAS *et al.* (2006). Par ailleurs, chez toutes les populations étudiées, l'hétérozygotie observée ( $H_o$ ) est similaire à l'hétérozygotie attendue ( $H_T$ ), révélant ainsi qu'il n'y a pas d'excès d'homozygotes. Ceci suggère que la petite taille des populations (avec localement moins de 10 individus par site) n'a pas favorisé la consanguinité chez l'olivier de Laperrine. L'analyse des données a aussi montré l'existence de clones dans chaque site étudié pour l'olivier de Laperrine (résultat non montré). Ceci résulte d'un mode de reproduction asexuée chez ce taxon comme également révélé chez le Cyprès du Tassili, une autre espèce d'arbre endémique du Sud Algérien (ABDOUN *et al.*, 2005). Cette caractéristique biologique a très probablement contribué au maintien d'arbres reliques depuis plusieurs millénaires. La régénération des populations par des individus issus de la reproduction sexuée serait quasiment absente. Le mode de reproduction végétatif pourrait donc permettre le maintien de petites populations à long terme tout en évitant la consanguinité due à la reproduction entre individus apparentés (ce qui pourrait mener à leur extinction).

**Tableau 14 :** Taille des allèles en paire bases (pb), nombre d'allèles ( $N_a$ ), richesse allélique ( $R_S$ ), hétérozygotie observée ( $H_o$ ), et diversité génétique totale ( $H_T$ ) pour chaque locus étudié des deux taxa (subsp. *europaea* et *laperrinei*). Pour  $N_a$ , le chiffre entre parenthèse représente le nombre d'allèles en commun entre subsp. *europaea* et *laperrinei* dans notre échantillonnage.

Locus	subsp. : <i>europaea</i>					subsp. : <i>laperrinei</i>				
	Taille des Allèles	$N_a$	$R_S$	$H_o$	$H_T$	Taille des allèles	$N_a$	$R_S$	$H_o$	$H_T$
<b>ADN nucléaire</b>										
<b>DCA1</b>	208-244	10 (5)	10	0,44	0,45	222-280	24 (5)	19,8	0,91	0,92
<b>DCA3</b>	231-255	6 (3)	6	0,52	0,45	229-253	8 (3)	7,3	0,73	0,68
<b>DCA8</b>	127-165	16 (5)	16	0,83	0,89	119-147	11 (5)	10,6	0,88	0,83
<b>DCA9</b>	167-207	16 (9)	16	0,88	0,84	169-193	11 (9)	9,5	0,58	0,63
<b>DCA14</b>	153-192	13 (0)	13	0,91	0,88	144-165	12 (0)	10,7	0,83	0,78
<b>DCA15</b>	247-271	5 (1)	5	0,59	0,61	251-258	2 (1)	2	0,20	0,19
<b>PA(ATT)2</b>	106-124	5 (2)	5	0,66	0,66	106-109	2 (2)	2	0,13	0,12
<b>GAPU45</b>	183-185	2 (1)	2	0,04	0,04	185-193	5 (1)	4,5	0,62	0,59
<b>EMO03</b>	212-226	12 (5)	12	0,92	0,89	195-224	14 (5)	11,9	0,84	0,79
<b>Total</b>	-	85 (31)	85	0,64	0,63	-	89 (31)	78,2	0,64	0,61

#### IV - CONCLUSION GENERALE

Il ressort de ces travaux entrepris sur l'olivier de Laperrine, un certain nombre de points intéressants représentés par les résultats suivants :

- Tout d'abord, en vue de faire l'inventaire de l'olivier de Laperrine, nos observations sur le terrain ont montré que les effectifs des populations du Hoggar et du Tassili étaient très probablement sous-estimés.

On estime à plusieurs centaines voire quelques milliers d'arbres les populations du Sud Algérien. Cependant cet arbre reste rare, et son absence de régénération naturelle (par voie sexuée) étant nulle ou extrêmement limitée, la menace qui pèse sur sa disparition est loin d'être exclue.

- Par ailleurs, la systématique du genre *Olea* a été reconsidérée récemment et notamment par GREEN (2002). Les confusions taxonomiques sur l'olivier de Laperrine, en particulier celles liées à son appartenance au complexe *O. europaea* et à sa nomination scientifique ont été indiscutablement levées. Nos observations suggèrent effectivement que ce taxon doit être considéré comme une sous-espèce différente dans ce complexe. Les études et les observations faites sur le port extérieur de l'arbre ont montré que celui-ci a une architecture en buisson. Les études comparatives faites sur la morphologie des appareils végétatif et reproducteur ont donné des éléments pour considérer que les deux sous espèces *laperrinei* et *europaea* sont effectivement taxonomiquement distinctes. La même étude comparative à l'échelle histo-anatomique montre que les feuilles sont de bons éléments révélateurs de la différence entre les deux taxons. Les mesures de dimensions faites au niveau du grain de pollen montrent aussi des différences notables. D'autre part, l'examen des espèces végétales (arbres et arbustes) vivant au voisinage de l'olivier de Laperrine a fait découvrir l'existence d'une association étroite entre celui-ci et le pistachier de l'Atlas. Ceci est intéressant dans l'étude des relations entre les sous espèces du complexe *O. europaea* car, une association similaire et équivalente entre *O. e. europaea* et le lentisque se trouve également dans l'Algérois (Bassin Méditerranéen).

- La caractérisation moléculaire des populations d'olivier de Laperrine par les microsatellites de l'ADN nucléaire a confirmé que ce taxon est franchement différencié de l'olivier méditerranéen. Nous avons également montré l'existence d'un polymorphisme relativement élevé en dépit des petits effectifs des populations. De plus, elle a révélé un mode

de reproduction asexuée (croissance clonale) pratiqué par ce taxon depuis des milliers d'années. Celui ci serait un grand avantage pour la persistance de l'espèce à long terme, lui évitant notamment la consanguinité (due à la reproduction entre individus apparentés dans de très petites populations) qui mènerait inévitablement à une érosion génétique. Du fait de la croissance clonale, la persistance de ce taxon ne devrait donc pas être trop affectée par l'érosion génétique mais devrait surtout dépendre des facteurs climatiques qui l'affectent.

- Le meilleur moyen de préserver l'olivier de Laperrine serait bien sûr de le multiplier. Deux modes de multiplication sont envisageables, la voie sexuée ou la multiplication végétative. Le bouturage semble une option intéressante car elle offre l'avantage de ne pas perdre les qualités génétiques (adaptation locale) des individus, et en même temps elle est relativement facile à mettre en œuvre contrairement à la voie par semis qui nécessite beaucoup de moyens pour la récolte des graines. Par ailleurs, la collecte de graines pour reconstituer des populations présente l'inconvénient qu'en général très peu d'individus fleurissent chaque année. En conséquence, peu d'individus seraient impliqués dans la reproduction sexuée et la constitution d'une banque de graines à partir de quelques individus pourrait ne pas refléter la grande diversité génétique de ce taxon. Des études supplémentaires sont encore nécessaires pour estimer l'importance de la dérive génétique engendrée par ce genre d'approche. Les données génétiques devraient aussi être utiles pour maximiser la diversité génétique dans ces banques de graines. Les essais portés sur la germination ont révélé essentiellement que les graines germent plus facilement quand elles sont scarifiées par des procédés mécaniques et les plantules résultant se transplantent aisément pour poursuivre leur croissance. Enfin, avant de commencer un programme de conservation, il reste primordial de sensibiliser les populations humaines locales aux problèmes d'environnement afin de pouvoir efficacement renforcer ou mettre en place de nouvelles populations d'olivier de Laperrine.

## Remerciements

Nous remercions les structures qui ont contribué au soutien et à la réalisation de ce travail, à savoir l'université de Lausanne (Suisse), l'INRF Tamanrasset, l'INA El-Harrach et le LRZA/USTHB Alger.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDOUN F., JULL A.J.T., GUIBAL F., THINON M., 2005.-** Radial growth of the Sahara's oldest trees: *Cupressus dupreziana* A. Camus. *Trees Struct. Funct.* **19**, 661-670.
- Altamura M.M., Altamura L., Mazzolani G., 1982.-** Elements for revision of the genus *Olea* (Tourn.) L. VI The taxons present in Oceania which can be ascribed to *Olea* and allied genera. *Ann. Bot. (Roma)* **43**, 45-52.
- ANGIOLILLO A., MENCUCCINI M., BALDONI L., 1999.-** Olive genetic diversity assessed using amplified fragment length polymorphisms. *Theor. Appl. Genet.* **98**, 411-421.
- ANTHELME F., ABDOULKADER A., BESNARD G., 2008.-** Distribution, shape and clonal growth of the rare endemic tree *Olea europaea* subsp. *laperrinei* (Oleaceae) in the Saharan mountains of Niger. *Plant Ecol.*, DOI 10. 1007/s11258-007-9386-6.
- BAALI-CHERIF D., MEGHAOUI A., ZEMIT O., SAHKI A., KARAMOSTEFA K.L., BOUGUEDOURA N., 2002.-** Etude de quelques aspects biologiques de l'olivier de Laperrine (*Olea laperrinei*) en vue de la mise en place d'une banque *ex situ*. Sémin. de Djanet 27 au 29 octobre 2002 « Redécouvrir et réinventer une sylviculture en zones arides », p. 82-89.
- BAALI-CHERIF D., BESNARD G., 2005.-** High genetic diversity and clonal growth in relict populations of *Olea europaea* subsp. *laperrinei* (Oleaceae) from Hoggar, Algeria. *Ann. Bot. (London)* **96**, 823-830.
- BARRY J.P., CELLES J.C., MANIERE R., 1976.-** Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. *Naturalia Monspeliensia. Série Bot. Fasc.* **26**, 211-242.
- BARRY JP, RISER J , 1988.-** Relations entre les bioclimats et la distribution de la végétation au centre et au Nord – Ouest du Sahara. *In: Di Castri F, Floret Ch, Rambal S & Roy J (Eds.)*.
- BATTANDIER J.A., TRABUT C , 1911.-** Plantes du pays des Touaregs. *Bull. Soc. Bot. Fr.* **58**, 623-629.
- BENARAR D., BOUGUEDOURA N., 2003.-** Essai de germination de l'olivier de Laperrine (*Olea laperrinei* Batt. & Trab.). *La Forêt Algérienne* **5**, 15-18.

- BELAJ A., SATOVIC Z., CIPRIANI G., BALDONI L., TESTOLIN R., RALLO L., TRUJILLO I., 2003.-** Comparative study of the discriminating capacity of RAPD, AFLP and SSR markers and of their effectiveness in establishing genetic relationships in olive. *Theor. Appl. Genet.* **107**, 736-744.
- BENHOUBOU S., BOUCHENEB N., KERZABI Q., SASSI O., 2003.-** Plant communities of several wadi types in the Tassili N'Ajjer, Central Sahara, Algeria. *Phytocoenologia* **33** (1), Berlin-Stuttgart, 49-69.
- BENICHOU A., 1962.-** Recherche critique sur l'olivier de Laperrine (histoanatomie). Bulletin n°6 de l'IRS, Université d'Alger.
- BESNARD G., 1999.-** Etude de la diversité génétique de l'olivier cultivé et de ses formes sauvages apparentées à l'aide de marqueurs moléculaires : applications pour l'identification variétale et pour la gestion des ressources génétiques. Thesis, Université Montpellier II, 174 p.
- BESNARD G., KHADARI B., VILLEMUR P., BERVILLE A., 2000.-** Cytoplasmic male sterility in the olive (*Olea europaea* L.). *Theor. Appl. Genet.* **100**, 1018-1024.
- BESNARD G., RUBIO D.E., CASAS R., VARGAS P., 2007.-** Plastid and nuclear DNA polymorphism reveals historical processes of isolation and reticulation in the olive tree complex (*Olea europaea* L.). *J. Biogeogr.* **34**, 736-752.
- BOUCHENEB N., 1999.-** Premières données sur l'étude de la végétation de la région de Tamanrasset (Ahaggar). *Ann. Rech. Forest. Algérie* **2**, 3-22.
- CARRIERO F., FONTANAZZA G., CELLINI F., GIORIO G., 2002.-** Identification of simple sequence repeats (SSRs) in olive (*Olea europaea* L.). *Theor. Appl. Genet.* **104**, 301-307.
- CIFERRI R., 1941.-** Il genere *Olea* e l'origine dell' *Olea europaea*. *L'Olivicoltura*, Anno XVIII. **8**, 1-6.
- CHENOUNE K., 2005.-** La flore et la végétation du Hoggar. *Bois et Forêts des Tropiques* **284**, 79-84.
- COUTANCE A., 1877.6** L'olivier (histoire, botanique, culture, produits, usages, commerce, industries, etc.). J. Rothschild Ed., Paris, 456 p.
- De CANDOLLE A., 1844.-** Prodomus systematis naturalis regni vegetabilis. Sumptibus Fortin, Masson et Sociorum, Paris, pp 283-289.

- De LA ROSA R, JAMES CM, TOBUTT KR ., 2002.-** Isolation and characterization of polymorphic microsatellites in olive (*Olea europaea* L.) and their transferability to other genera in the Oleaceae. *Mol. Ecol. Notes* **2**, 265-267.
- DUBIEF J., 1963).** Le climat du Sahara. *Mém. Inst. Rech. Sahara*, Univ. d'Alger., Vol. 2, 275 p.
- DUBOST D., 1992.-** Aridité, agriculture et développement: le cas des oasis algériennes. *Sécheresse* **3**, 85-96.
- EL MOUSADIK A., PETIT R.J., 1996.-** High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [*Argania spinosa* (L.) Skeels] endemic to Morocco. *Theor. Appl. Genet.* **92**, 832-839.
- FURON R, C.A., 1967.-** Géologie de l'Afrique. 3<sup>ème</sup> édition. Ed. Payot. Paris. pp. 73-105.
- GOUDET J., 1995.-** Fstat (version 1.2): a computer programme to calculate *F*-statistics. *J. Hered.* **86**: 485–486.
- GRIBI A., SAÏ N., YOUNSI N., 1992.-** Notice explicative de la carte hydrogéologique du Hoggar et des Tassilis à 1 / 1000000. Projet PNUD / ALG / 021 ANRH. Minist. Equipement. Alger. 53 p.+ 1 carte couleur h.t.
- GREEN P.S., 2002.-** A revision of *Olea* L. (*Oleaceae*). *Kew Bull.* **57**, 91-140.
- HAUVILLE A., 1953.-** La répartition de l'olivier en Algérie et ses conséquences pratiques. *Bull. Soc. Agric. Algérie*, **580**, 8 p.
- HESS J., KADEREIT J.W., VARGAS P., 2000.-** The colonization history of *Olea europaea* L. in Macaronesia based on internal transcribed spacer 1 (ITS-1) sequences, randomly amplified polymorphic DNAs (RAPD), and inter simple sequence repeats (ISSR). *Mol. Ecol.* **9**, 857-868.
- IDRISSI A., OUAZZANI N., 2003.-** Apport des descripteurs morphologiques à l'inventaire et à l'identification des variétés d'olivier (*Olea europaea* L.). *Plant Genetic Ressources Newsletter* **136**, 1-10.
- JIN L., CHAKRABORTY R., 1993.-** Estimation of genetic distance and coefficient of gene diversity from single-probe multilocus DNA fingerprinting data. *Mol. Biol. Evol.* **11**, 120-127.
- JOHNSON LAS, 1957.-** A review of family *Oleaceae*. *Contr. N.S.W. Natl. Herb.* **2**, 397-418.
- LANGELLA O., 1999.-** Populations 1.2.28 software. <http://www.pge.cnrs-gif.fr/bioinfo/populations>.

- LE HOUÉROU H.N., 1992.-** Outline of the biological history of the Sahara. *J. Arid Environ.*, **22**, 3-30.
- LEREDDE C., 1957.-** Etude écologique et phytogéographique du Tassili n'Ajjer, Alger, I.R.S. *Mem. Miss. Sc. Tassili n'Ajjer*, 454 p.
- LINNE C., 1753.** *Species Plantarum*. Stockholm. 1200 p.
- LOUSSERT P., BROUSSE H., 1978.-** Techniques agricoles et production méditerranéennes (Olivier) Ed. Maison Larousse, 500 p.
- MAIRE R., 1933.-** Etude sur la flore et la végétation du Sahara central I et II. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, n°3, mission du Hoggar II. 272 p. (cartes et planches), Alger.
- MEDAIL F., QUEZEL P., BESNARD G., KHADARI B., 2001.-** Systematics, ecology and phylogeographic significance of *Olea europaea* L. subsp. *maroccana* (Greuter & Burdet) P. Vargas *et al.*, a relictual olive tree in south-west Morocco. *Bot. J. Linn. Soc.* **137**, 249-266.
- ORTÉGA N., 1963.-** La podo del olivo. Ministeria de l'Agricultura, Madrid.
- OZENDA P., 1991.-** Flore du Sahara. 2° Ed. CNRS, Paris, 622 p. + 1 carte h.t.
- QUEZEL P., 1954.-** Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. Monographies régionales 2. *Trav. Inst. Rech. Sahara*, Alger, 164 p.
- QUEZEL P., 1965.-** La végétation du Sahara. Du Tchad à la Mauritanie. Eds. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 333 p.
- QUÉZEL P., 1978.-** Analysis of the flora of Mediterranean and Sahara Africa. *Ann. MO Bot. Gard.* **65**, 479-534.
- RALLO P., TENZER I., GESSLER C., BALDONI L., DORADO G., MARTÍN A., 2003.-** Transferability of olive microsatellite loci across the genus *Olea*. *Theor. Appl. Genet.* **107**, 940-946.
- RUBIO DE CASAS R., BESNARD G., SCHOENSWETTER P., BALAGUER L., VARGAS P., 2006.-** Extensive gene flow blurs phylogeographic but not phylogenetic signal in *Olea europaea* L. *Theor. Appl. Genet.* **113**, 575-583.
- RUBY J., 1917.-** Monographie des variétés d'olivier françaises. Extrait de thèse, Faculté des sciences de Paris.
- SAITOU & NEI M., 1987.-** Molecular evolutionary genetics. Columbia University Press, New York.

- SAUMITOU-LAPRADE P., VASSILIADIS C., EPPLER J.T., HARDT C., 2000.-** Isolation of microsatellite loci for paternity testing in *Phillyrea angustifolia* L. (Oleaceae). *Mol. Ecol.* **9**, 112-114.
- SEFC K.M., LOPES M.S., MENDONÇA D., RODRIGUES DOS SANTOS M., LAIMER DA CÂMARA MACHADO M., DA CÂMARA MACHADO A., 2000.-** Identification of microsatellite loci in olive (*Olea europaea*) and their characterization in Italian and Iberian olive trees. *Mol. Ecol.* **9**: 1171-1173.
- VARGAS P., MUNOZ GARMENDIA F., HESS J., KADEREIT J.W., 2001.-** *Olea europaea* ssp *guanchica* and ssp *maroccana* (Oleaceae), two new names for olive tree relatives. *Ann. Jard. Bot. Madrid* **58**, 360-361.
- VERLET B., 1974.-** Le Sahara. Coll. Que sais-je ? n°766. Ed. PUF. Paris. 126 p.