

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LE RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE FERHAT ABBAS – SETIF –  
FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

# THÈSE

Présentée par

**RAMDANI Messaoud**

pour l'obtention du diplôme de

**DOCTORAT D'ETAT**

En Biologie

Option : Biologie Végétale

Thème

**Diversité génétique (marqueurs phytochimiques)  
et écologie du *Cupressus dupreziana* A. Camus,  
espèce endémique du Tassili n'Ajjer (Algérie)**

Soutenue le : 15 décembre 2007

Devant le jury

Président	<b>BOUZARZOUR Hmana</b>	Professeur	U.F.A. Sétif
Rapporteur	<b>RACHED Oualida</b>	Professeur	U.M. Constantine
Examineur	<b>BARBERO Marcel</b>	Professeur	IMEP Marseille
Examineur	<b>BENHOUHOU Salima</b>	MC	ENA El Harach
Examineur	<b>LAOUER Hocine</b>	MC	U.F.A. Sétif

## Remerciement

Je tiens à remercier particulièrement le professeur Rached Oualida d'avoir superviser ce travail, de m'avoir encourager durant toute la période de réalisation des travaux de recherche de cette Thèse. Je suis très touché par son humanisme, sa compréhension et la confiance qu'elle m'a accordée.

J'exprime ma vive et profonde gratitude au Pr. Bouzarzour H. pour avoir accepté de juger en présidant le jury de thèse

Je tiens également à remercier Monsieur le professeur Marcel Barbéro, de m'avoir reçu dans son laboratoire, pour ces conseils et les encouragements qu'il m'a témoigné, ainsi d'avoir accepté de juger mon travail.

Je remercie très sincèrement Madame le Dr. Benhouhou S. d'avoir accepté de juger ce travail et de m'avoir fait l'honneur de participer à ce jury de Thèse.

Je remercie Monsieur le Dr. Laouer H. de sa collaboration dans la réalisation de ce travail ainsi d'avoir accepté d'être membre de jury.

Mes remerciements vont à Monsieur le Pr. Guechi A., pour ces encouragements durant toute la période de réalisation du travail.

Je remercie spécialement Monsieur le Pr. Loisel R. pour son aide dans la réalisation des analyses phytoécologiques et Messieurs les professeurs Roux M. et Torre F., de l'IMEP, pour leurs conseils statistiques.

Je remercie Monsieur Thinon M. d'avoir mis à ma disposition sa documentation personnelle ainsi pour ces conseils et ces encouragements.

Je remercie Madame M. Dougny et M. Signa, pour leurs aide et gentillesses

Je remercie mes collègues et amis, R. Gharzouli, A. Aggoun, M. Hafsi, F. Riahi, T. Bellal, pour leur soutien et pour leur aide à réaliser ce travail.

Je remercie le Directeur et le personnel de l'OPNT, de m'avoir facilité l'accès au terrain. Au Tassili n'Ajjer j'ai trouvé une amitié précieuse au près des guides Touareg (Lahbib, Wandouken, Aissa Ahmed Agha), qu'ils trouvent ici mes sincères remerciements.

Les travaux de recherche, concernant cette Thèse, ont été réalisés en partie aux

- Laboratoire d'Ecologie de l'IMEP, Faculté de St Jérôme, Marseille, dirigé par le Pr. Barbéro

Je tiens à leur exprimer ma gratitude pour l'accueil qu'ils m'ont réservé dans leurs laboratoires et de l'intérêt qu'ils ont manifesté pour ma recherche.

- Laboratoire de Bactériologie et de parasitologie du Centre Hospitalo-Universitaire.

# Sommaire

<b>Introduction</b>	1
<b><u>Première partie : Caractérisation Ecologique et Biologique Du cyprès du Tassili</u></b>	
<b><u>Chapitre I : Généralités sur le cyprès de Tassili (<i>Cupressus dupreziana</i>)</u></b>	4
1- Historique	4
2- Répartition du <i>Cupressus dupreziana</i>	5
3- Datation (l'âge du cyprès du Tassili)	6
4- Germination et dissémination du <i>Cupressus dupreziana</i>	7
4- 1- Germination	7
4- 2- Mise en valeur	8
<b><u>Chapitre II : Milieu physique</u></b>	9
1- Situation géographique	9
2- Géologie	10
2- 1- Le pays cristallin	12
2- 2- L'enceinte tassilienne	12
2- 2- 1- Le Tassili interne	12
2- 2- 2- Le sillon intratassilien	14
2- 2- 3- Le Tassili externe	14
3- Sols	14
4- L'hydrologie	15
4- 1- Circulation de l'eau	16
4- 2- Les ressources en eau au Tassili n'Ajjer	17
4- 2- 1- Les nappes d'eau superficielles	17
4- 2- 2- Les nappes souterraines	17
5- Le climat	17
5-1- La pluviométrie	18
5- 2- L'humidité	20
5- 3- La neige	21
5- 4- La température	21
5- 5- Le vent	22
5- 6- Synthèse climatique	23
6- Conclusion	23

<b><u>Chapitre III : Etude de la Flore Associée au Cyprès du Tassili</u></b>	25
1- La flore du Tassili n' Ajjer	25
2- Matériel et méthodes	29
2- 1- Stratégie de l'échantillonnage	29
2- 1- 1- Période d'échantillonnage	29
2- 1- 2- Choix et localisation des stations	30
2- 1- 3- Méthodes de prélèvement des échantillons	30
2- 2- Méthodes de traitement des données	30
2- 2- 1- Méthodes de déterminations des espèces	30
2- 2- 2- Méthodes d'analyse statistique des données	31
2- 2- 2- 1- Analyse factorielle des correspondances	31
2- 2- 2- 2- Classification Hiérarchique Ascendante	32
3- Résultats et Discussion	33
3- 1- Chorologie	33
3- 2- Les types biologiques	34
3- 3- Groupements végétaux	37
3- 3- 1- Identification des ensembles de relevés	37
3- 3- 2- Signification écologique des axes	40
4- Conclusion	41
<b><u>Chapitre IV : Etude Morphologique du Cyprès</u></b>	46
1- Le cyprès de Tassili ( <i>Cupressus dupreziana</i> )	46
2- Méthodes d'étude	47
2- 1- Choix et localisation des individus mesurés	47
2- 2- Méthodes de mesures	47
3- Résultats et discussion	48
3- 1- Forme et hauteur des arbres	48
3- 2- Circonférence des arbres	51
4- Conclusion	53
<b><u>Partie II : Etude terpénique, Génétique et antimicrobienne des populations du cyprès</u></b>	
<b><u>Chapitre I : Les terpènes et l'hérédité du cyprès</u></b>	54
1- Généralité sur les terpènes	54
1- 1- Définition	54
1- 2- Rôle des terpènes	54
1- 3- Contrôle génétique des terpènes	55
1- 4- Activité biologique des terpènes	58



1- 5- Les terpènes du <i>Cupressus</i>	58
1- 5- 1- Les travaux effectués sur <i>Cupressus dupreziana</i>	60
2- Méthodes d'étude	62
2- 1- Méthode d'échantillonnage	62
2- 2- Choix et localisation des individus	62
2- 3- Méthode d'analyses des huiles essentielles	62
2- 4- Techniques numériques d'analyse des données	64
2- 4- 1- ANOVA	64
2- 4- 2- Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)	65
2- 4- 3- UPGMA	65
3- Résultats et Discussion	66
3- 1- Composition en huiles essentielles du <i>Cupressus dupreziana</i>	66
3- 2- Analyse de la variance	67
3- 3- Analyse en Composantes principales (ACP)	74
3- 3- 1- Etude des variables	74
3- 3- 2- Etude des individus de population	76
3- 4- UPGMA	78
3- 5- Interprétation de la deuxième ACP	79
3- 5- 1- Etude des variables	79
3- 5- 2- Etude des individus	79
3- 6- UPGMA	83
3- 7- Héritéité terpénique chez <i>Cupressus dupreziana</i>	84
3- 7- 1- La teneur en terpinolène	85
3- 7- 2- La teneur en fenchène	86
3- 7- 3- La teneur en linalyl acétate	86
3- 7- 4- La teneur en $\alpha$ -phellandrène	87
3- 7- 5- La teneur en p-cymène	88
3- 7- 6- La teneur en $\alpha$ -humulène	89
3- 7- 7- La teneur en $\beta$ -bourbérène	89
3- 7- 8- La teneur en limonène	90
3- 7- 9- La teneur en $\delta$ -cadinol	91
3- 7- 10- La teneur en terpinol-4ol	91
3- 7- 11- La teneur en $\beta$ -copaène	91
4- Conclusion	94

<b>Chapitre II : Activité biologique des huiles essentielles du cyprès</b>	95
1- Données bibliographiques	95
2- Matériel et Méthodes	98
2- 1- Matériel végétal	98
2- 2- Extraction des huiles essentielles	98
2- 3- Culture des microorganismes	99
2- 4- Tests d'activité antibactérienne	99
3- Résultats et discussion	100
4- Conclusion	102
Conclusion générale	103
Références Bibliographiques	105
Annexes	127
Annexe 1 : Les groupes Phytoécologiques	127
Annexe 2 : Populations échantillonnées et mesure dendrométrique	133
Annexe 3 : Monoterpènes des populations du <i>Cupressus dupreziana</i>	135
Annexe 4 : Sesquiterpènes des populations du <i>Cupressus dupreziana</i>	141
Résumés	

# INTRODUCTION

*« Au moment où cet arbre naît à la science, il est déjà sur le point de s'éteindre dans la nature »* (Pelt, 1997).

Le cyprès relictuel de Duprez, *Cupressus dupreziana* A. Camus, n'existe actuellement à l'état naturel qu'au Tassili n'Ajjer, 230 arbres vivants ont été dénombrés. Il est parmi les douze espèces arborescentes en voie de disparition dans le monde (IUCN, 2006). La régression du peuplement de cyprès a été attribué par Lavauden, (1926) et Maire, (1933) à l'action humaine et surtout à l'aridification du climat.

Cependant, selon Ellstrand et Elam, (1993) les petites populations, isolées géographiquement, sont sujettes à la dérive génétique et à la consanguinité. Dans les populations extrêmement réduites, comme c'est le cas du *C. dupreziana*, la reproduction sexuée habituelle entraîne une forte consanguinité, augmentant le risque d'extinction de l'espèce. En effet, la diversité génétique, son organisation dans l'espace et dans le temps, sont des indicateurs du potentiel adaptatif d'une population (Soulé, 1980 et Lande, 1988). L'isolement et la faible densité des populations sont à l'origine d'une réduction de l'intensité des flux de gènes et créés des agrégats spatiaux d'individus apparentés (Wright, 1946 et Malécot, 1948) et peuvent avoir une influence sur le régime de reproduction des populations (Mitton, 1992).

D'après Pichot et *al.*, (1998, 2000, 2001), pour échapper à cette tare génétique, la consanguinité, le cyprès de Tassili a développé une reproduction apomictique paternelle. Cette apomixie constitue probablement une adaptation génétique, sélectionnée au cours de l'évolution, en réponse aux contraintes démographiques qui pèsent sur l'espèce.

L'absence de germination au Tassili n'Ajjer a poussé plusieurs auteurs, pendant longtemps, à croire à la stérilité de l'espèce *C. dupreziana* (Maire, 1944). Cependant, Müller (1981), soulignait que l'Institut National de la Recherche Forestière obtenait un pourcentage de germination de l'ordre de 1 à 5 % environ. Des travaux plus récents de plusieurs auteurs (Smerak et *al.*, 1975; Dobry et Kyncl, 1989 et Hoffmeisterova et Dobry, 1995), ont également confirmé la présence de germination des graines du *C.*

*dupreziana*. Mais, actuellement, dans la région natale du cyprès de Tassili on n'observe plus de jeunes plantes issues de germinations. Cette absence serait d'après Korani (1959), Steikir (1996), Schwan (1994), Yamashita and *al.* (2004) et Tabari et *al.* (2007) surtout due aux facteurs écologiques (sol et eau) qui déterminent le cycle de vie des jeunes plants des conifères

Pour vérifier la présence de la variabilité génétique chez l'espèce *C. dupreziana* nous avons opté pour les marqueurs génétiques du métabolisme secondaire, à savoir les terpènes.

Les terpènes sont les principaux marqueurs génétiques utilisés chez les arbres forestiers. Il a été montré que la synthèse des différents composés monoterpéniques et sesquiterpéniques est contrôlée de façon monogénétique (Marpeau et *al.*, 1975 et 1983; Baradat et *al.*, 1972 et 1975a et b et 1983; Bernard-Dagan et *al.*, 1988a et b et c; Squillace, 1971; Rockwood, 1973; Squillace et *al.*, 1971 et 1980; Hanover, 1966). L'étude de l'hérédité de la concentration en terpènes avait aboutie à des résultats suffisamment probants. Zavarin et *al.* (1971a), Senter (1975), Lawrence et *al.* (1975) et Yani (1981). Ont montré qu'on pouvait utiliser de façon intéressante les terpènes comme marqueurs génétiques.

Les précédentes études sur *Cupressus dupreziana* A. Camus s'étaient limitées, presque exclusivement, à l'isolement et l'identification des substances terpéniques et lipidiques présentes dans le bois et dans les feuilles. L'accent a été mis plus particulièrement sur l'étude des terpènes (Piovetti et Diara, 1977; Piovetti and *al.*, 1980a et b; Piovetti and *al.* 1981a et b; Piovetti et Diara, 1982; Ginette et *al.*, 1983; Abed, 1982; Changrinha et *al.*, 1993 et 1997). La plupart de ces recherches ont utilisées très peu d'individus des jardins botaniques pour en faire une généralisation sur l'espèce.

Dans la perspective d'un changement climatique global qui déplacerait la distribution des habitats favorables à chaque espèce, les processus de colonisation et d'extinction locale se multiplient. Les études de la dynamique, à court terme, des populations et communautés forestières semblent donc plus que jamais au coeur des enjeux environnementaux, scientifiques et socio-économiques. Dans ce contexte certaines questions s'imposent :

- Quels sont les facteurs écologiques, biotiques et abiotiques, qui contrôlent la dynamique de l'évolution du *C. dupreziana* du Tassili n'Ajjer?

- Quel est l'impact de cette dynamique sur la structure génétique des populations du *C. dupreziana* ?

- Quelles remèdes peuvent être proposés, dans le cadre d'une gestion multifonctionnelle et durable?

Ce travail est une contribution au couplage de la génétique des populations et de l'écologie dans les études des populations et peuplements naturels.

Le choix d'avoir mené en même temps une étude d'écologie forestière et de génétique des populations peut surprendre. Ces deux disciplines possédaient certaines bases théoriques et méthodologiques communes et qu'il était nécessaire de combiner les résultats écologiques et génétiques pour répondre à la question: « vers quoi les populations du *C. dupreziana* peuvent-elles évoluer? ».

Ce mémoire s'articule sur 2 parties :

1 - la première partie concerne des généralités sur le cyprès, la présentation de la zone d'étude, l'étude de la flore et la végétation et la morphologie du cyprès. Elle comporte quatre chapitres

\*- Chapitre I : Généralités sur le cyprès de Tassili (*Cupressus dupreziana*)

\*- Chapitre II : Le milieu physique.

\*- Chapitre III : Etude de la flore associée au cyprès du Tassili

\*- Chapitre IV : Etude morphologique du cyprès de Tassili

2- La deuxième partie regroupe l'étude terpénique, génétique et antimicrobienne des populations du *C. dupreziana*. Cette partie est divisée en deux chapitres.

\*- Chapitre I : Les terpènes et l'hérédité du cyprès

\*- Chapitre II : L'activité antibactérienne des huiles essentielles du *C. dupreziana*

Première Partie :

**CARACTERISATION ECOLOGIQUE ET  
BIOLOGIQUES DU CYPRES DU TASSILI  
(*CUPRESSUS DUPREZIANA* A. CAMUS)**

## Chapitre I : GENERALITES SUR LE CYPRES DE TASSILI (*CUPRESSUS DUPREZIANA*)

### 1- HISTORIQUE

La présence d'un conifère au Sahara central est signalée dès 1860 par l'ornithologue Tristram. L'observation du bois d'ustensiles des touaregs de l'Ahaggar, le fit penser à du bois de *Juniperus*. Le géographe Duveyrier de son côté, a observé des charpentes et des portes de maisons à Ghat, fabriquées dans du bois d'un résineux. Il apprit des habitants de cette oasis l'existence sur le plateau du Tassili d'un arbre nommé *Tarout* (Duveyrier, 1863, 1864). Il supposa alors qu'il s'agissait de *Tetraclinis articulata*, s'appuyant sur la proximité géographique des deux taxons et un rapprochement des noms *Tarout* et *Arar* (nom arabe du *Tetraclinis*).

Par la suite, divers explorateurs (Diels, 1917) et Motylinski, 1906 in Gautier (1910) sillonnèrent le Sahara Central sans observer de conifères. La forêt de résineux annoncée par Duveyrier (1863) et la double ceinture forestière décrite par Grisebach (1878) n'ayant pas été retrouvées, ils furent critiqués (Chudeau, 1909). En 1922, lors de sa mission dans l'Ahaggar Kilian (1925) obtint une information concernant un tronc de *Tarout* mort dans l'oued Tin Tarabin.

L'incertitude prit fin en 1924 quand le capitaine Duprez commandant l'annexe de Djanet, rencontra lors d'une reconnaissance dans la région de l'oued Tamrit, deux arbres désignés sous le nom de *Tarout* et qu'il reconnut comme étant des conifères (Maire, 1933)..

La mission Tunis-Tchad à laquelle participait l'inspecteur des forêts Lavauden permit à ce dernier, grâce aux indications du Capitaine Duprez, de retrouver l'oued Tamrit. Lavauden (1926) n'a pu voir que deux arbres : un mort sur pied de 2,5 m de diamètre et un autre vivant de 1,4 m. Il identifia provisoirement le *Tarout* au *Cupressus sempervirens* L. forme *horizontalis*. Il rapporta des cônes et des rameaux qu'il remit à la botaniste A. Camus. Celle-ci décrit ainsi une nouvelle espèce et la dédie, sur la demande de Lavauden, au Capitaine Duprez (Camus, 1926).

Quelques années plus tard, et à la suite de l'observation de nouveaux cônes récoltés par Leredde en 1949, Gaussen (1950) créa une seconde espèce, *Cupressus lereddei* qui ne se distinguait de *Cupressus dupreziana* que par la taille des cônes et le



nombre des écailles.

Cet auteur nota que l'échantillon type décrit par Camus présentait une anomalie, mais une diagnose étant non modifiable, cela l'amena à créer une nouvelle espèce. Toutefois, un deuxième voyage au Tassili en 1952 permit à Leredde de s'assurer de l'existence d'une seule espèce (Gaussen, 1952, 1961). Ainsi le binôme antérieur *Cupressus dupreziana* eut la priorité.

## 2- REPARTITION DU CUPRESSUS DUPREZIANA

D'après les premières études palynologiques sahariennes Pons et Quézel, (1957, 1958) ; Van Campo, (1958) ; Quézel, (1958) ; Quézel et Martinez, ( 1959, 1962) ; Dutil *et al.*, (1959), le cyprès de Duprez colonisait les montagnes (Taessa dans l'Ahaggar à 2000 m d'altitude) mais aussi les plaines sahariennes (la daya de M'rara au Nord-ouest du grand erg oriental à 100 m) dans un passé estimé dans un premier temps vers le néolithique, puis repoussé au pléistocène (Quézel et Barbéro, 1993). Cependant, cette répartition ne prend pas en compte le rôle des transports éoliens ou alluviaux des pluies polliniques Cour, (1972); Cour et Duzer, (1976); Maley, (1977) et Schulz, (1980), ainsi que la détermination du pollen des genres *Cupressus*, *Juniperus* et *Callitris* qui est difficile et reste en partie à l'appréciation du praticien (Beucher, 1975). Les recherches paléobotaniques récentes tendent à réduire cette extension du cyprès (Maley, 1981 ; Neumann, 1988 ; Schulz, 1991 ; Thinon *et al.*, 1996 ; Mercuri *et al.*, 1997 ; Castelletti *et al.*, 1999).

En 1864, selon des renseignements recueillis auprès de Touaregs de Ghat, Duveyrier rapporta que l'aire de répartition du Tarout s'étendait de Taharhara amont de l'oued Tarat au Nord, à Eriey amont de l'oued Ghat au Sud. Plus tard en 1926, le Capitaine Duprez ne signale la présence du "Tarout" que dans la région appelée Edehi (Maire, 1933).

Une divergence est à remarquer entre les renseignements recueillis à Ghat et ceux de Djanet. Les informateurs de Duprez ont restreint l'aire du cyprès à la seule région d'Edehi. Or l'oued Tamrit, où le Capitaine a vu lui-même les cyprès, se trouve dans la région appelée Tassili-Hedjrit. Par ailleurs, dans la région d'Edehi il n'existe aucun cyprès vivant.

En 1937, Paillé indiquait que l'aire géographique du cyprès se situait entre l'Assakao et Tin Tachilen (nom d'une portion de l'oued In Ghaldjiouen).

L'expédition menée par Grim en 1971, dont l'objectif était l'inventaire des cyprès du Tassili, a aboutie au recensement de deux cent trente arbres vivants et cent cinquante trois morts sur pied, regroupés en 37 sites.

En prolongeant ses investigations vers le Nord, cet auteur a découvert les cyprès de la région de Madak et Tazolt, puis vers le Sud, quelques oueds à cyprès au sud d'In Ghaldjiouen, ce qui étend l'aire du cyprès au-delà des limites données par Paillé et Laferrère.

### 3- DATATION (L'AGE DU CYPRES DU TASSILI)

La présence d'un conifère au Sahara centrale, sous un climat hyperaride, fut considérée comme un vestige d'une époque humide (Lavauden, 1926 ; Quézel, 1954) ; Leredde, 1957) ; Simonneau et Debazac, 1961).

Parmi les arbres vivants, il existe des individus dont le port juvénile a été remarqué par certains visiteurs du plateau comme Capot-Rey (1954) ou Balachowsky (1955) qui ont souligné que ces jeunes arbres semblaient être issus de germinations récentes n'excédant pas deux siècles. Cependant, d'autres auteurs Barry *et al.*, (1970) supposent qu'il s'agit de rejets de souches en dépit de leur aspect de semis. Toutefois, des plantules ont été observées sur le plateau à plusieurs reprises. En 1943, Etienne d'Orves a trouvé une plantule sous les vieux arbres en aval de l'oued Tamrit (Maire, 1944).

Leredde (1957) rapporte que le Capitaine Bret a trouvé deux plants dont l'un a été transplanté avec succès à Djanet. Simonneau signale avoir reconnu en avril 1960 deux plantules de *Cupressus* à l'oued Tamrit (Simonneau et Debazac, 1961). Un jeune cyprès a été observé dans l'oued In Gharouhane par une équipe botaniste tchèque qui indiquait un plant de 160 cm de hauteur et 6 cm de diamètre à la base Smerak *et al.*, (1975).

Certains auteurs estiment que les arbres sont très vieux et remonteraient au "dernier pluvial saharien" soit à 4700 ans. Cette date de 4700 ans est une supposition de Knapp (1973) qui se réfère à Meyer (1962). Or ce dernier auteur se réfère lui-même

à Simonneau et Debazac (1961) qui s'appuient sur l'hypothèse émise par Quézel (1960).

La datation au C<sup>14</sup> de Messerli et Kienholdz (1981), relative au cyprès est de (1640 ± 80 BP), a été réalisée sur un morceau de bois du cœur prélevé d'une souche morte de 1,40 m de diamètre.

Par ailleurs, Klocke *et al.* (1972) ont estimé l'âge d'un arbre mort à Tamrit de 600 à 1200 ans en se basant sur le nombre de cernes égal à 600 et en supposant que l'arbre a pu faire 1 cerne tous les 2 ans. D'autres études dendrochronologiques ont été tentées par plusieurs chercheurs comme (Serre-Bachet, 1967) et Dobry et Kyncl, 1981). Le cyprès du Tassili présente une croissance irrégulière et s'est révélé difficilement abordable par les méthodes classiques de la dendrochronologie (Dobry et Kyncl., 1989 et Abdoun, 2002). Une étude récente au C<sup>14</sup> de Crémaschi *et al.* (2006), sur le bois des portes des maisons de Ghat, estime l'âge du cyprès à 5220 ± 100.

#### 4- GERMINATION ET DISSEMINATION DU C. DUPREZIANA

##### 4- 1- Germination

Maire a cru longtemps à la stérilité des graines dans lesquelles il ne trouvait pas d'embryon, mais en 1943, à la suite de pluies abondantes survenues au Tassili, le Lieutenant Estienne d'Orves lui rapporta une plantule au bord d'une guelta à Tamrit. La même année, un lot de graines est transmis par M. Lauriol à Maire, qui réussit à faire germer des graines (Maire, 1944). Les germinations montrèrent qu'il existait une possibilité de sauver l'espèce de la disparition. Tous les efforts furent orientés vers son introduction et sa reproduction sous climat méditerranéen, car on considérait que le cyprès était une espèce méditerranéenne ayant migré jusqu'au Sahara Central au début du pléistocène Quézel, (1954b), à la faveur de périodes pluviales.

Deux cyprès plantés par Maire dans le jardin de la faculté d'Alger en 1943 furent déracinés par une tornade en 1964. Heureusement, Quézel en avait planté deux autres en 1961, au jardin mexicain de cette même Faculté (Barry *et al.*, 1970).

Les récoltes de graines par Leredde en 1949 et en 1952 et celles de Laferrère en 1959 à 1961 ont contribué largement à la dispersion de cette espèce non seulement en Algérie mais aussi en France, au Liban et dans bien d'autres pays Barry *et al.*, (1970).

#### 4- 2- Mise en valeur

À partir du début des années 1970, l'intérêt pour le cyprès du Tassili rentre dans une nouvelle ère, celle de sa réintroduction et son utilisation dans les reboisements.

Müller (1981) soulignait, à l'occasion de l'expédition *Tarout* 1981, que l'INRF qui travaillait déjà sur la culture du cyprès de Duprez depuis plusieurs années obtenait un pourcentage de germination supérieur à celui de l'équipe tchèque, mais il reste toutefois faible, 1 à 5 % environ.

Une plantation à Moudjbara dans l'Atlas saharien a reçu vers 1973 des plants du cyprès du Tassili. L'étude de leur comportement, réalisée par Dalichaouch, (1982), a abouti aux résultats suivants

- a) Un taux de mortalité de 43 %.
- b) un accroissement annuel moyen en hauteur de 9,36 cm/an.
- c) 30 % des arbres vivants sont rabougris.

Dans l'objectif d'améliorer *Cupressus sempervirens*, Franclet, (1967) proposait la constitution de plantation de *C. dupreziana* pour disposer de matériel génétique. Les premiers essais de reproduction végétative ont été tentés par cet auteur qui a réussi à greffer des boutures de *C. dupreziana* sur *C. sempervirens*. Par ailleurs, le bouturage réalisés par Hrib et Dobry, (1984 et Hrib *et al.*, (1989) aurait favorisé la formation de racines dans 80 % des cas. Des travaux sur la germination et la culture des tissus ont été entrepris par plusieurs auteurs (Smerak *et al.*, 1975 ; Dobry et Kyncl, 1989 et Hoffmeisterova et Dobry, 1995). Aux USA, le cyprès du Tassili est dispersé dans les jardins botaniques et jardins d'enfants de plusieurs États. (Nicholson, 1991 et Nicholson et Garcia, 1999).

## Chapitre II : MILIEU PHYSIQUE

### 1- SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le cyprès relictuel de Duprez, *Cupressus dupreziana*, n'existe actuellement à l'état naturel qu'au Tassili n'Ajjer. D'après les études palynologiques sahariennes, le cyprès de Duprez colonisait les montagnes et les plaines du Sahara central.

Le Tassili n'Ajjer, Situé à l'extrême Sud-est du Sahara algérien, il couvre une superficie totale de 90.000km<sup>2</sup> et constitue la première réserve de végétation de la biosphère saharienne au monde (Bousquet, 1992). Il est limité sur son coté Est par la frontière libyenne, sur celui du Sud par celle du Niger et celui de l'Ouest par la région de Djanet (figure 1).

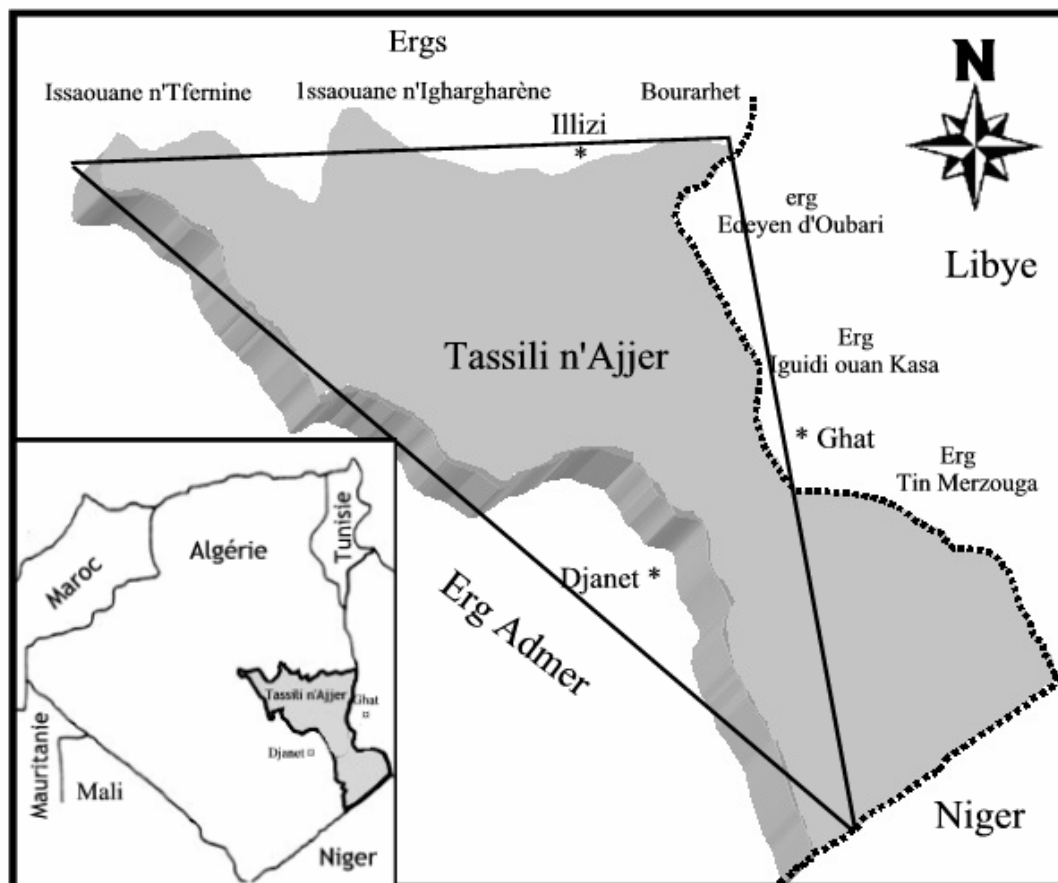


Figure 1 : Situation géographique du Tassili n'Ajjer

Le plateau du Tassili se présente sous forme d'un triangle dont la plus grande base est orientée Nord-Ouest Sud-Est. Le Tassili est entouré de grands ergs (Issaouane n'Tifemine, Issaouane n'Ighargharène et l'erg Bourarhet au Nord; l'Edeyen d'Oubari,

l'Iguidi ouan Kasa et l'erg Tin Merzouga vers l'Est). Une haute plaine, de 1000 m d'altitude s'étend à son pied vers le Sud Sud-Ouest, limitée à l'Est par l'erg Admer.

À partir de la dorsale d'Amguid on distingue, à l'Ouest, les régions suivantes (figure 2).

- les régions de l'Ahellakane, de Tassadjabest, de la partie centrale allant de l'oued Aharhar jusqu'à Ghat, le massif volcanique de l'Adrar Ajjer qui déborde sur ces plateaux dans la région de Tassat et Dider. Au Sud-Est s'étendent les régions de Tazolt, Meddak, Edehi, Hedjrit et Amiok, qui forment le Tassili interne.

- au Nord, le Tassili externe est constitué de l'Ouest vers l'Est par les régions de, Tassiot, Tahihaout, Tindesset, Fadnoun et Tanguet.

À l'Est et au Sud-est, le Tassili est prolongé par les massifs de l'Akakous et de la Tadrart.

## 2- **GEOLOGIE**

Les premiers travaux géologiques sur cette région ont commencé avec les explorateurs Boudierba en 1858 ; Duveyrier en 1864 et (Von Bary, 1876-1877). La reconnaissance du Tassili s'est faite à partir de sa partie nord et de ses revers occidentaux et orientaux. En 1880, le géologue Roche a parcouru la bordure nord du Tassili. Les données de la mission Foureau-Lamy (1931) ont permis de réaliser la première coupe géologique N-S du Tassili entre l'oued Samene et l'erg Tihodaïne. Kilian (1925) établit le schéma de la structure géologique du massif central saharien. Son œuvre a été poursuivie par Lelubre (1952). Freulon (1964) leur succéda en apportant des précisions sur les séries primaires du Tassili n'Ajjer.

A partir des années 1960 les recherches géologiques s'intensifièrent avec le concours des sociétés pétrolières. L'ouvrage de l'équipe de Beuf (Beuf *et al.*, 1971) regroupe les résultats des études sédimentologiques sur le paléozoïque inférieur saharien où le Tassili n'Ajjer est largement traité.

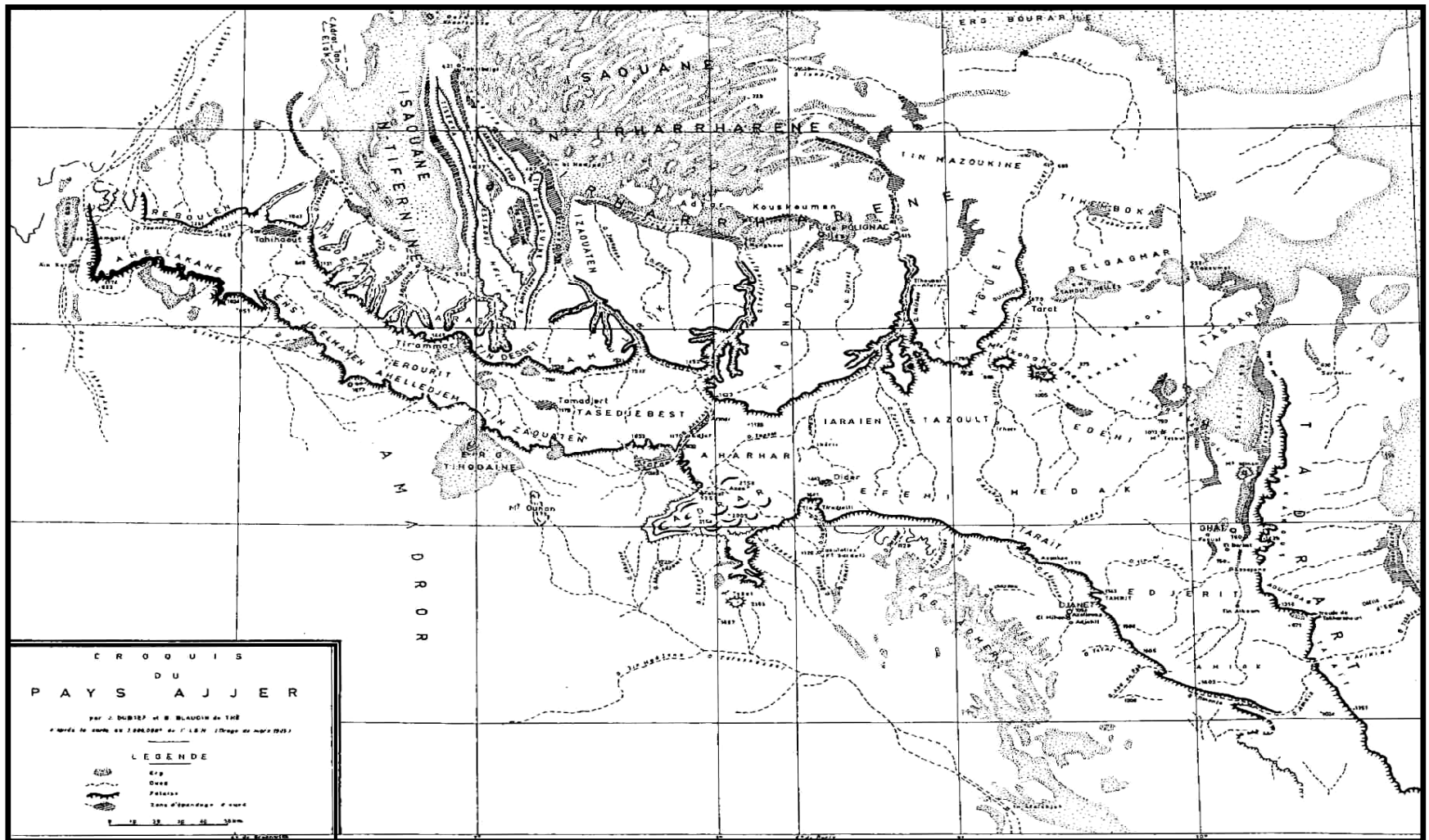


Figure 2 : Esquisse géographique du Tassili n'Ajjer (Gardel, 1960).

Kilian (1925) distingue dans le massif central saharien deux ensembles montagneux: le pays cristallin et l'enceinte tassilienne et un ensemble à relief moins important constitue le pays pré-tassilien.

## 2- 1- Le pays cristallin

Il est constitué du socle précambrien que recouvrent les grès paléozoïques et qui forme le massif de l'Ahaggar. Il est subdivisé en deux séries: le suggarien à la base et le pharusien au sommet (figure 3).

\* Le suggarien, composé principalement par des schistes métamorphiques, constitue la majeure partie de l'Ahaggar central et une partie importante de la haute plaine du Tassili.

\* Le pharusien, séparé du suggarien par une discordance majeure, forme les immenses affleurements de la Tafassasset de Tiririne. Dans la région de Djanet, il constitue les grands reliefs de l'Adrar Mariaou, Tiska, Tin Enouar et Tin Amali (Freulon, 1964).

## 2- 2- L'enceinte tassilienne

Elle est constituée par les plateaux gréseux qui entourent le pays cristallin. Le Tassili n'Ajjer qui en fait partie se subdivise en 3 unités stratigraphiques: le Tassili interne, le sillon intratassilien et le Tassili externe (figure 4).

### 2- 2- 1- Le Tassili interne

C'est le premier escarpement sédimentaire au-dessus du socle précambrien. Il s'agit de couches de grès ou parfois d'argile, généralement subdivisées en 4 unités lithostratigraphiques dont la plus récente est d'origine glaciaire. Les grès cambro-ordoviciens du Tassili interne montrent de nombreuses déformations, failles et plis-failles dont la plus importante est la faille qui traverse Djanet.



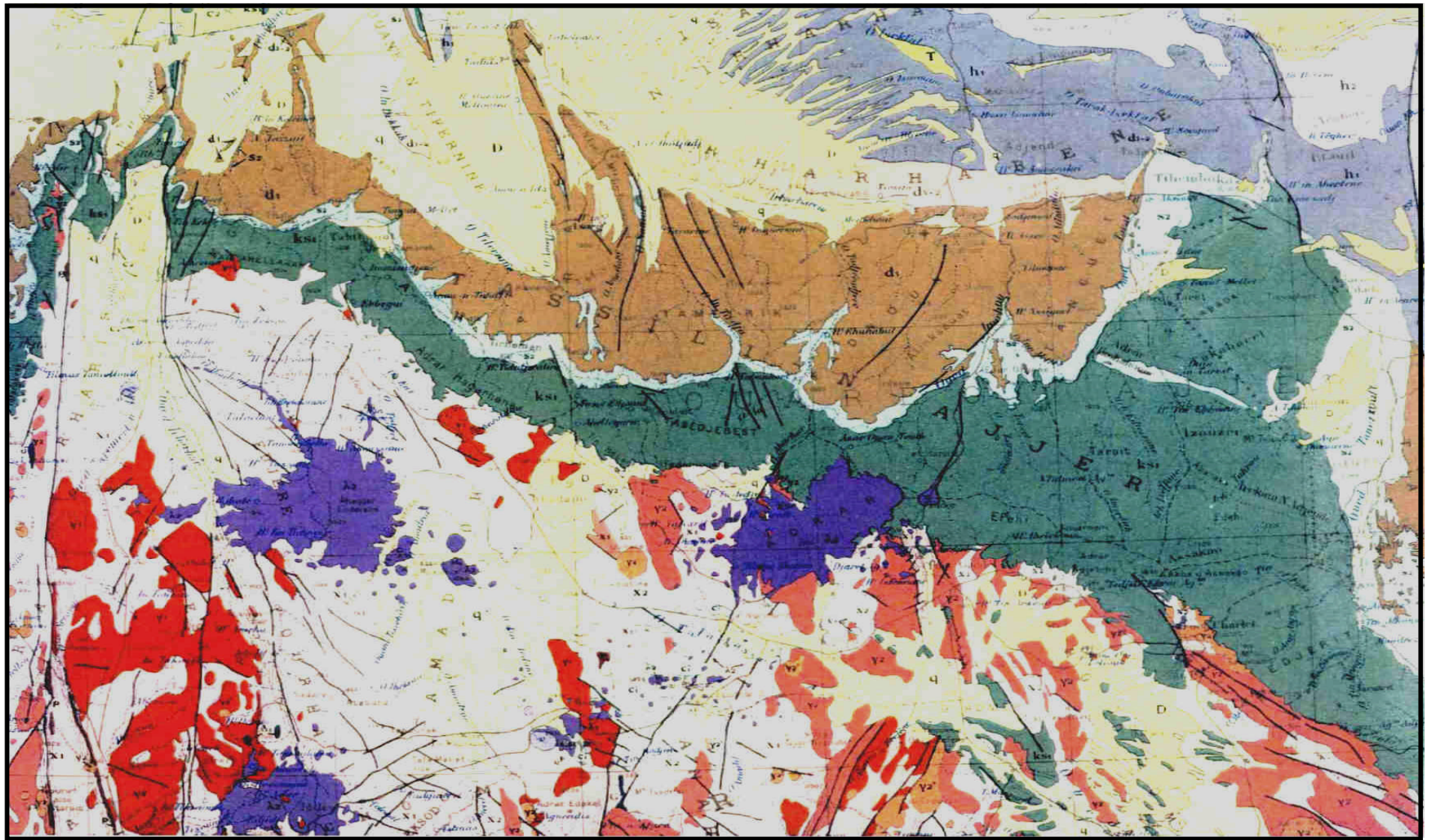
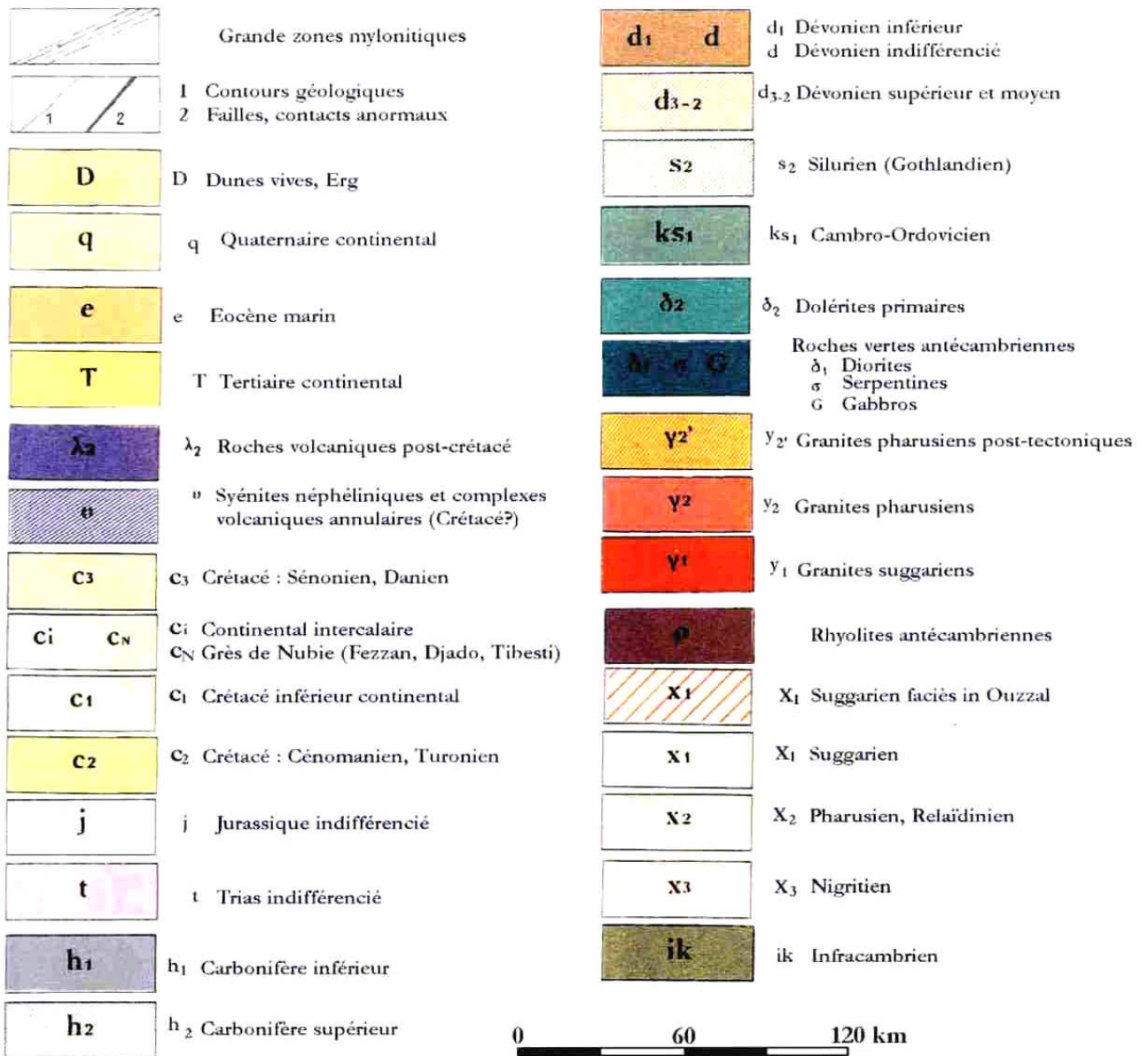


Figure 3 : Formations géologiques du Tassili n'Ajjer (Extrait de la carte géologiques du nord-ouest de l'Afrique, Sahara Central, (Menchikoff, 1962)



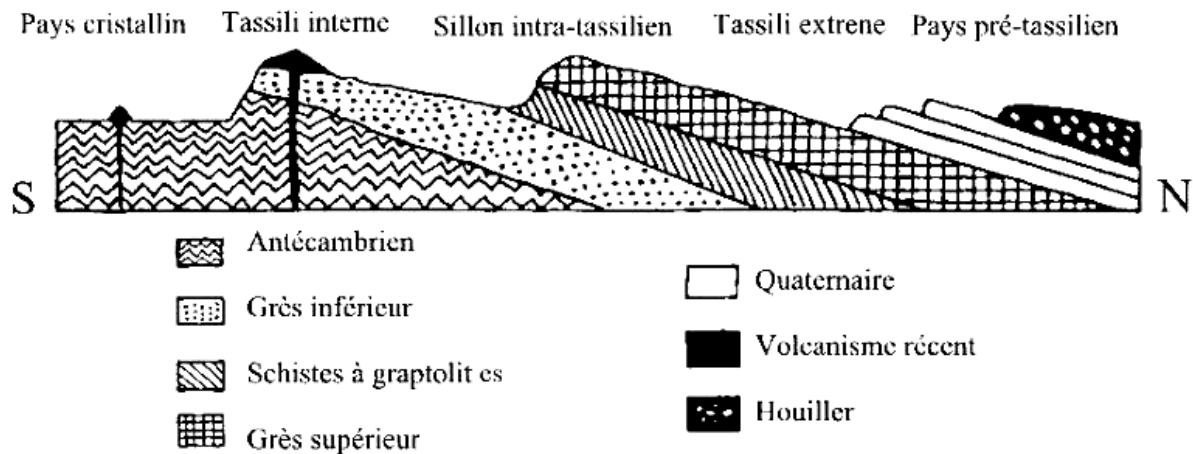


Figure 4 : Profil schématique du Tassili n'Ajjer

### 2- 2- 2- Le sillon intratassilien

C'est une formation de schistes argileux, riche en graptolites. Il sépare le Tassili interne du Tassili externe depuis Amguid jusqu'à Tarat. Au Sud-est du Tassili n'Ajjer, il forme une longue et étroite bande de direction subméridienne allant jusqu'à In Ezzan.

### 2- 2- 3- Le Tassili externe

C'est le second palier, dominant de 400 à 500 m la dépression intratassilienne. C'est une puissante assise gréseuse qui s'est constituée entre le silurien supérieur et le dévonien (Freulon, 1964).

### 3- SOLS

Les sols sahariens sont généralement des substrats géologiques modifiés par l'érosion car, faute d'humidité suffisante, les facteurs de la pédogenèse s'y trouvent très réduits. Dutil en 1971 distingue parmi les sols désertiques, 3 classes : les sols minéraux bruts, qui résultent de l'érosion et concernent la plus grande partie du Sahara, les sols peu évolués, où la maturation pédologique est très faible et les sols halomorphes.

Les sols sahariens ont été étudiés par de nombreux auteurs dont les travaux de (Rivkind, 1929; Killian et Feher, 1939; Del Villar, 1944; Durand, 1954; Pochon et *al.*, 1957; Dutil, 1971; Halitim, 1988). Ces sols sont très riches en organismes vivants (Dresch, 1982).



Killian et Feher (1939) ont pu mettre en évidence une vie microbienne active dans tous les sols désertiques, y compris dans ceux considérés comme complètement stériles. Les sols du Tassili n'Ajjer sont connus grâce aux études de (Leredde, 1957; Dubost et Hethener, 1966). Hethener (1967) et Messerli et Kienholtz (1981) se sont intéressés plus particulièrement aux sols du cyprès de Duprez.

Leredde (1957) a montré que les sols à cyprès, malgré leur pauvreté en certains éléments, n'étaient nullement carencés. Une étude des conditions édaphiques du cyprès a été entreprise par la mission Barry. L'analyse effectuée par Hethener (1967) a permis de comparer les sols du cyprès avec ceux de la vallée d'Iherir (cultivée) et avec des sols d'oueds sans cyprès. L'échantillonnage des sols des cyprès fait par Hethener n'a concerné que les arbres localisés dans les lits d'oueds où la profondeur du sable atteignait des épaisseurs appréciables (jusqu'à plus de 150 cm). Cette étude a permis de conclure que les sols des cyprès ont :

- un pH neutre, plus bas que l'ensemble des sols du Tassili et des sols désertiques généralement alcalins.
- un taux de carbone organique et d'azote total appréciable, un rapport C/N élevé.
- une microflore totale, plus abondante que les sols voisins.

Une étude pédologique plus ponctuelle a été réalisée par une équipe de géographes en 1973, il s'agit d'une analyse physico-chimique d'échantillons de sols. Les résultats de cette étude montrent leur concordance avec celle de Hethener (Messerli et Kienholtz, 1981).

#### 4- **L'hydrologie**

Le plateau du Tassili n'Ajjer est entaillé par un réseau hydrographique dense, caractérisé par des canyons profonds. Les premiers renseignements de Duveyrier (1864) et les observations faites dès 1913 par Gardel (1961) sur les oueds du Tassili donnent un aperçu partiel de l'ampleur et de la complexité du réseau hydrographique.

Dubief (1953) a tracé les cartes des grands bassins de l'Afrique du Nord et du ruissellement superficiel. Une étude ponctuelle fut réalisée par Capot-Rey en 1954 sur la crue d'oued Edjréou (Djanet). Parmi les recherches de Bouvet et Le Berre sur la faune, une étude sur « *Ecologie des gueltas du Tassili-n-Ajjer* » datant de 1986 rend

compte de l'importance de ces points d'eau dans l'équilibre écologique des biocénoses auxquelles elles permettent l'existence.

Dans un récent ouvrage, *l'Ajjer*, Dubief (1999) a réalisé une synthèse de ses études et complété les données sur les crues des oueds depuis sa première thèse de 1953.

Les eaux drainées par les oueds du Tassili se dirigent globalement selon les directions des 3 côtés du triangle formé par le massif. Le versant septentrional de l'Ajjer draine les oueds du Tassili externe (bassins de Tifernine, Amastane, Samen, Ehan et Illézi) ainsi que ceux du Tassili interne qui entaillent le plateau par de profondes gorges (oueds Tadjeradjeri et Emehrou) ou contournent la falaise par l'Ouest (oued In Dekan) ou par l'Est (oued Tarat). Le versant oriental de l'Ajjer d'une superficie plus réduite compte les bassins de Titiersine et de Tanezzouft drainant essentiellement les eaux du Tassili interne. Le versant méridional est encore plus réduit car les oueds des bassins de la Tafassasset et de l'oued Djanet qui prennent naissance sur le Tassili ont un profil très redressé. La ligne de partage des eaux se situe très près du sommet de la falaise du Tassili interne qui domine la plaine occidentale.

#### 4- 1- Circulation de l'eau

Lorsqu'il pleut sur le plateau du Tassili, une faible partie de cette eau s'évapore rapidement ou s'infiltre très superficiellement, dans le cas d'un sol sableux la vitesse d'infiltration peut atteindre plusieurs mm en 24 heures (Dubief, 1950; Yousfi, 1984), mais la majeure partie ruisselle. Au cours du ruissellement, l'eau peut être soit absorbée par les fissures des grès et alimente des nappes profondes Dubief (1999), soit concentrée dans les petites dépressions, soit collectée par les nombreux petits oueds qui vont alimenter les grandes artères, formant parfois d'importantes cascades pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres de hauteur.

Des précipitations supérieures à 10 mm tombées en 24 heures peuvent déclencher un écoulement des oueds (Dubief, 1963).

#### 4- 2- Les ressources en eau au Tassili n'Ajjer

##### 4- 2- 1- Les nappes d'eau superficielles

Les seules réserves d'eau superficielles dans le Tassili n'Ajjer sont des gueltas (en arabe) ou aguelmam (en tamahaq), ce sont des collections d'eau alimentées par le ruissellement des eaux de pluie. Elles sont relativement nombreuses au Tassili et peuvent être temporaires ou plus rarement permanentes. Ces dernières permettent le maintien d'une biocénose aquatique. La présence d'un sol (sable) autour de ces gueltas permet le développement d'une végétation particulière (roseaux, Typha, joncs, palmiers, ...) et constitue ainsi un milieu d'accueil pour de nombreuses espèces terrestres. La guelta joue aussi le rôle d'abreuvoir sur lequel se base le mode de vie nomade des pasteurs, ainsi que de relais pour les oiseaux migrateurs (Le Berre, 1986). L'eau des gueltas temporaires dans lesquelles se retrouvent certains cyprès au moment des crues est oligohaline, bicarbonatée calcique, à pH voisin de la neutralité (Baudrimont, 1973).

##### 4- 2- 2- Les nappes souterraines

Des nappes phréatiques sont exploitées par des puits comme à Djanet. La faiblesse des précipitations actuelles et l'utilisation des pompes à moteur, introduites depuis les années 1960, ont contribué à l'abaissement du niveau de la nappe. Les nappes fossiles existent en nombre important dans les piedmonts du Tassili, comme le montrent les multiples forages réalisés dans le bassin d'Illizi et à Djanet.

#### 5- LE CLIMAT

Le Sahara Central est caractérisé par un climat désertique marqué par des pluies sans rythme saisonnier et par de longues périodes sèches. Ce climat peut être soumis à des influences méditerranéennes et tropicales (Emberger, 1938).

Les études climatiques du Sahara Central restent fragmentaires compte tenu du nombre restreint des stations météorologiques. Les travaux les plus remarquables sur le climat du Sahara sont ceux de (Dubief et Queney 1935; Dubief 1942, 1947, 1950, 1953, 1959, 1963 et 1999 ; Leredde 1957; Yacono 1968; Mimouni 1988; Leroux 1991; Daget et Djellouli 1992; Djellouli et Daget 1992; Quézel et Barbéro 1993; Pelfini et *al.* 2001; Abdoun 2000 et 2002; Cremaschi et *al.* 2001 et 2006).

Au Tassili n'Ajjer, il n'existe aucune station météorologique sur le plateau à l'exception d'une station automatique installée à Dider (1390 m) à la fin de l'année 1993. Les mesures y sont discontinues. Les stations d'Illizi (586 m d'altitude), In Aménas (561 m) et Bordj Omar Idriss (381 m) sont situées à la périphérie du massif des Ajjers et ne rendent pas effectivement compte des caractères climatiques du plateau. La végétation d'altitude, différente de celle des piémonts, laisse à penser que les conditions climatiques locales devraient être différentes.

La station de Djanet quant à elle, fut implantée en septembre 1924 au sommet d'une gara (montagne à sommet plat en général) à 1100 m, puis déplacée à mi-pente en 1947. Cette gara est très proche de la palmeraie qu'elle domine. En 1988, cette station a été transférée à Tiska (1054 m) à 30 km au Sud de l'oasis sur un reg où fut construit un aéroport. De ce fait, les nouvelles données ne sont plus comparables aux anciennes.

Les stations de Djanet et Dider sont retenues pour la caractérisation du climat de l'Ajjer (tableau 1).

Tableau 1: Coordonnées géographiques des stations météorologique de Djanet et Dider

Station	Latitude N	Longitude E	Altitude
Djanet (Tiska)	24° 33'	9° 29'	1054 m
Dider	25° 13'	8° 28'	1390 m

Bien que la station de Djanet ait commencé à fonctionner dès septembre 1924, les enregistrements pluviométriques présentent des interruptions allant d'un mois à plus d'une année. Ce n'est qu'à partir de 1973 que les données sont complètes.

### 5-1- La pluviométrie

Le Sahara en générale se caractérise essentiellement par deux périodes: une sécheresse longue, suivie d'une période pluvieuse courte. Ces pluies ne sont pas cycliques mais permanentes (Dubief, 1999).

La répartition saisonnière est extrêmement variable. Les pluies sont faibles et irrégulières à l'image de celles de toute la région du Sahara Central. Leur faiblesse est due à la forte continentalité (Dubief, 1963). L'irrégularité de ces pluies est liée à la position du front intertropical (Le Houerou, 1990 et Leroux, 1991).

À Djanet, la moyenne annuelle est de 19,4 mm. Les années sans pluies sont exceptionnelles au Tassili (figure 5). Par contre, les années recevant moins de 20 mm d'eau sont fréquentes.

Une même quantité de pluie peut tomber à n'importe quel moment de l'année, soit sous forme de petites pluies fines, soit sous forme d'averses orageuses pouvant provoquer la crue des oueds. Les crues de l'oued Djanet renseignent sur les pluies tombées sur le plateau entre Djabbaren (Sud-est de Djanet) et Tihidjel (Nord-ouest de l'Assakao). Elles sont assez fréquentes, peuvent se produire plusieurs années successives et parfois survenir plusieurs fois la même année.

Les crues, de l'oued Djanet, proviennent du plateau par l'oued Edjériou, Tassetouft, Tamrit et Aghoum. Elles surviennent même s'il ne pleut pas à Djanet. Généralement les pluies du plateau, supérieures à 5mm/24h, provoquent les crues d'Oued Djanet.

Les répartitions des pluies au cours de l'année sont assez variables selon la longueur de la période examinée. La série considérée par Dubief (1963) de 1926 à 1960, donne janvier comme mois le plus pluvieux, suivi de mai et septembre (figure 6). En revanche, pour la période 1961-2002, on note que le mois recevant le plus de pluie est septembre, suivi de mars puis de mai. Pour ces deux séries, juillet a été le moins pluvieux.

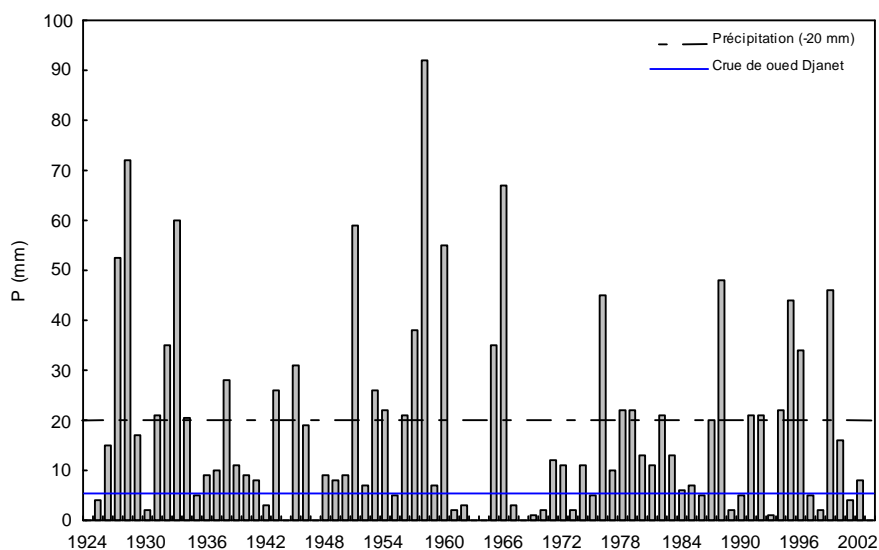


Figure 5 : Pluies et crues à Djanet



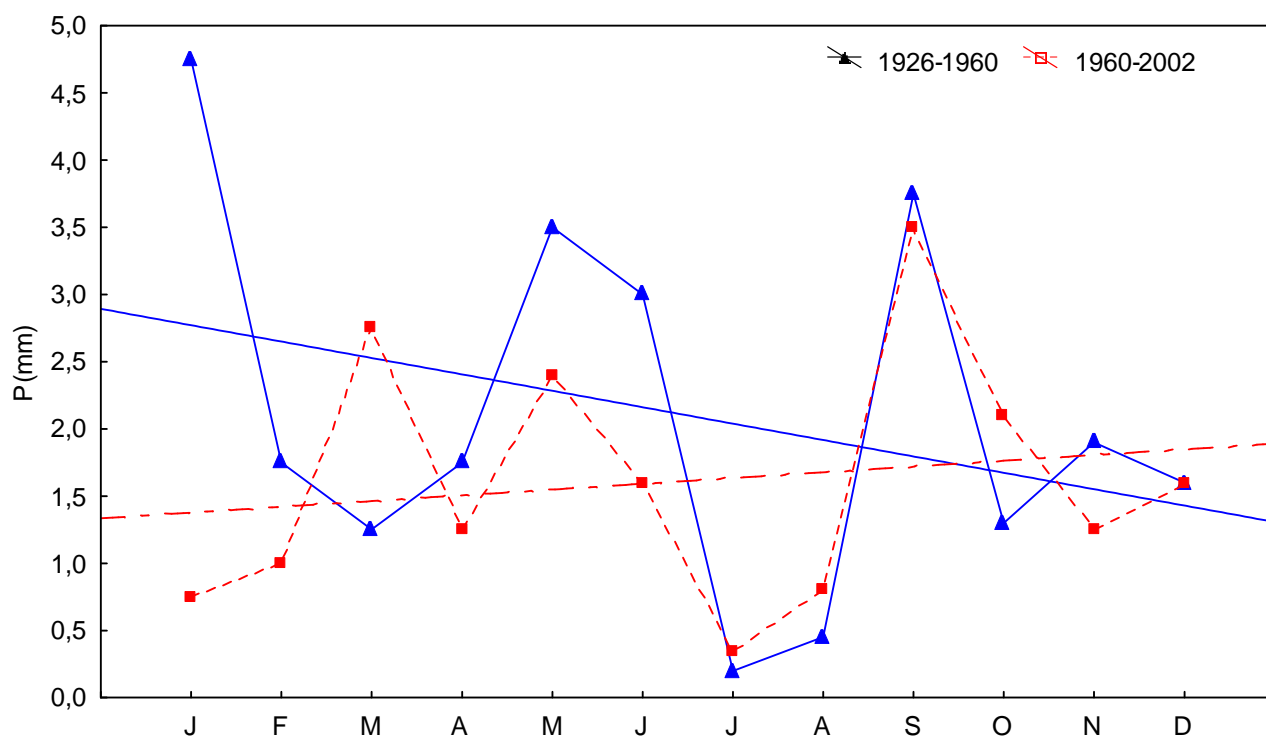


Figure 6: Variabilité des précipitations moyennes mensuelles (Djanet).

Les courbes de régression indiquent qu'il y a une diminution des précipitations durant la période (1926-1960), alors que durant la période (1947-2002) montrent une augmentation des précipitations de janvier à décembre.

La variabilité spatiale des pluies entre Djanet et Dider est frappante (figure 7), avec 336 m de dénivellation, on constate que les variations mensuelles semblent suivre la même tendance entre les deux stations, c'est la hauteur des pluies tombées qui diffère, exception faite pour les mois de juillet et août qui sont secs à Djanet. Les pluies sont plus importantes en septembre-octobre et janvier à Dider alors qu'elles sont plus abondantes aux mois de mars et juin à Djanet.

### 5- 2- L'humidité

L'humidité relative à Djanet, très faible, varie entre 39 % en janvier et 21 % en mai avec une moyenne annuelle de 29 %. Ces moyennes concernent la période 1926-1951 pendant laquelle la station météorologique était située à proximité de l'oasis. L'arrosage de cette dernière en été a pu influencer ces valeurs.

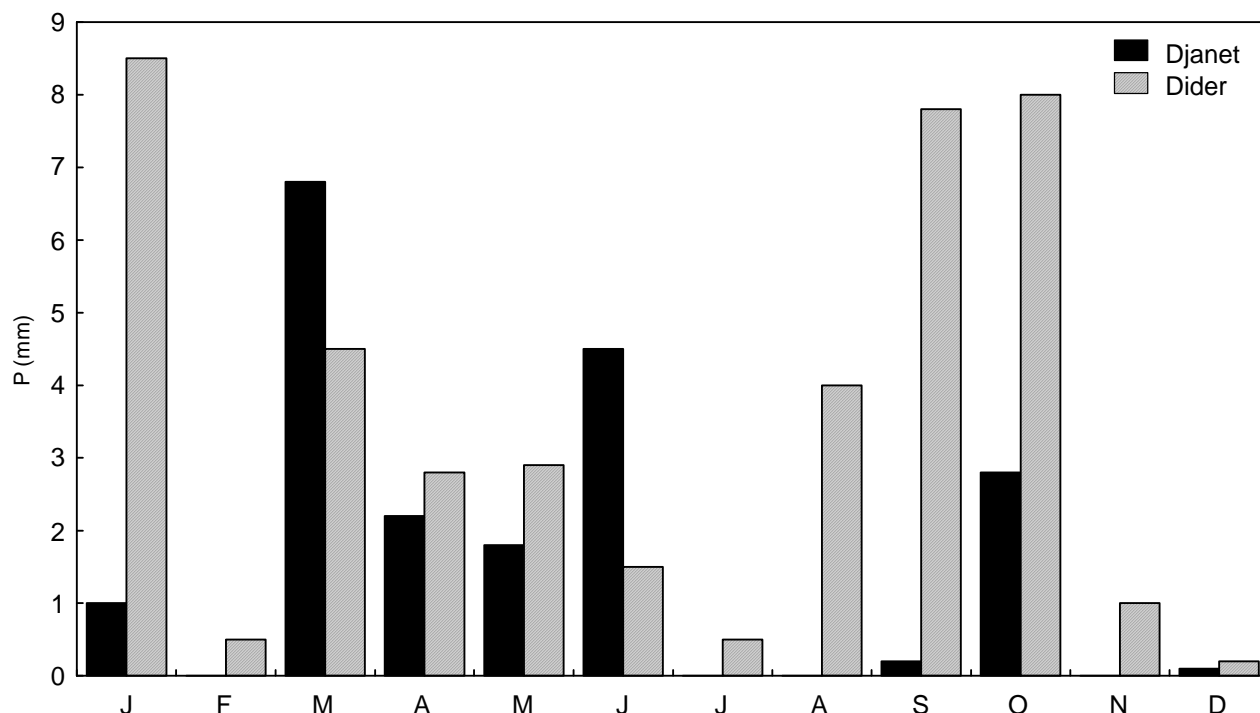


Figure 7 : Hauteur moyennes des précipitations à Djanet et Dider (1994-1998)

### 5- 3- La neige

La neige est rare mais non exceptionnelle sur le plateau du Tassili (tableau 2).

Tableau 2 : Observations de neige dans le Tassili n'Ajjer (d'après Dubief, 1999)

Date	Lieu
1857-1858	Tout le pays Touareg
29 janvier 1905	N-W Emehrou et Torset
6 janvier 1925	Assakao
décembre 1936	Tazat
28 janvier 1961	Tamrit
10 janvier 1952	Tamrit
1960	Piémont sud du Tassili, Madak
22 décembre 1988	de Tazat à Djabbaren
5 janvier 1993	Djanet

### 5- 4- La température

Les températures à Djanet sont relativement régulières. La moyenne des minima du mois le plus froid (m) est de 6,2°C, enregistrée en janvier. Celle des maxima du mois le plus chaud (M) est de 37,9°C, elle concerne juin. La moyenne des minima absolus est de 1,2°C, elle concerne le mois de janvier (Figure 8).

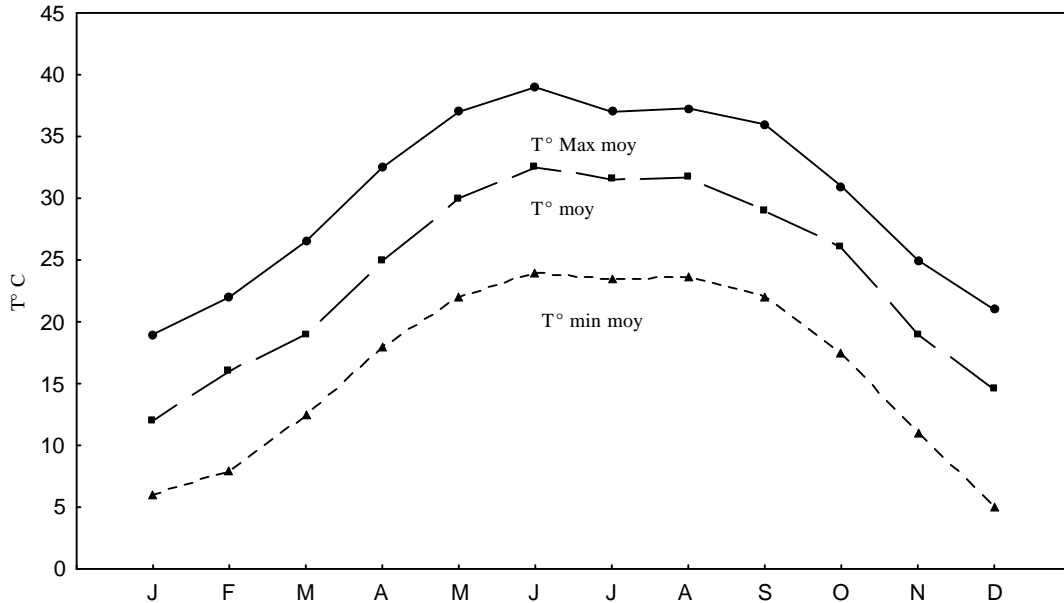


Figure 8 : Température mensuelles moyennes et minimales moyennes à Djanet période (1994-2002)

Selon les variations mensuelles des températures, on distingue un hiver court (1 mois, janvier) et un été qui dure d'avril à octobre. De mai à août, la température moyenne demeure supérieure à 30°C.

Les températures moyennes à Dider sont inférieures à celles de Djanet (figure 9). Cette différence de température varie de 2,1 °C en février à 5,2 °C en avril. Les minima absolus souvent négatifs aux mois de décembre, janvier et février à Dider, laissent penser que les périodes de gel y seraient plus fréquentes qu'à Djanet.

### 5- 5- **Le vent**

Les vents sont plus fréquents le jour et en période chaude. La vitesse moyenne du vent varie de 0,9 m/s en décembre à 2,8 m/s en juillet. Les vents de sable sont assez rares avec une moyenne de 9,1 jours par an. Ils sont en général diurnes et proviennent du Sud, leur fréquence maximale se situant en avril et mai.

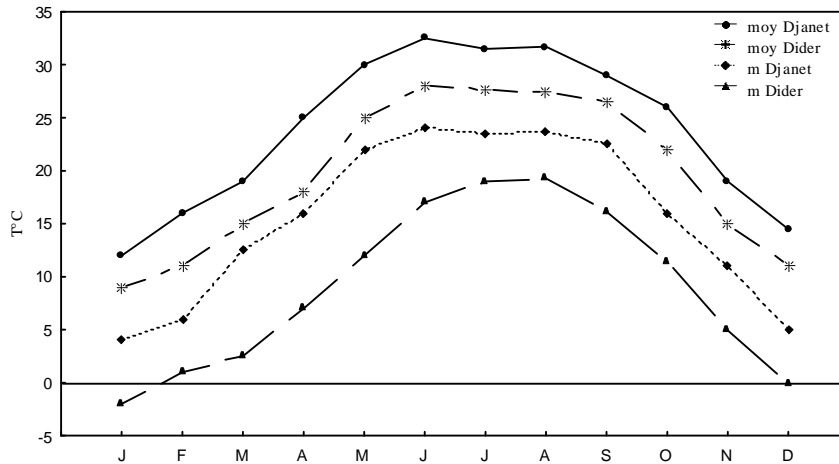


Figure 9 : Température mensuelles moyennes et minimales à Djanet et Dider période (1994-2002)

### 5- 6- Synthèse climatique

Akman *et al.* (1971) positionnent Djanet et Dider dans l'étage saharien inférieur à hiver doux pour Djanet et tempéré pour Dider. Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson montre que la saison sèche s'étale de janvier à décembre à Djanet et Dider (figure 10).

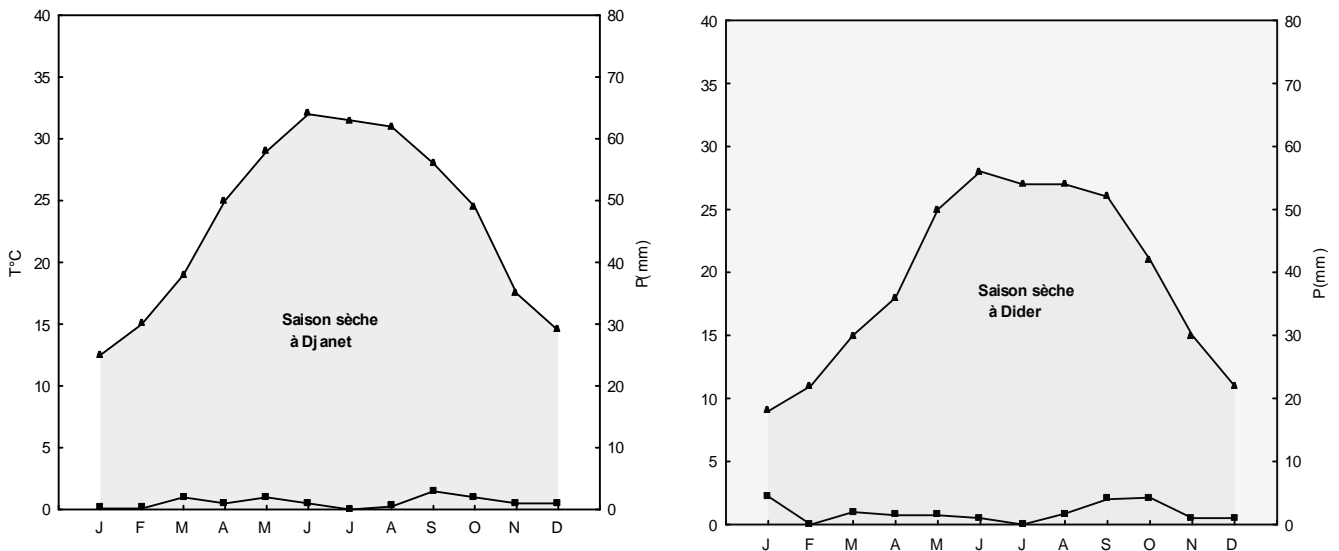


Figure 10: Saison sèche à Djanet et Dider

### 6- CONCLUSION

Le Tassili n'Ajjer est caractérisé par un climat désertique hyperaride où les précipitations moyennes mensuelles sont de l'ordre de 20mm à Djanet et un peu plus à Dider 28 mm. Ces précipitations ne dépassent que rarement les 45mm/an.

Les précipitations sont caractérisées par une répartition irrégulière. La faiblesse et l'irrégularité des précipitations, la température constamment élevée et l'importance des vents pendant la saison chaude, font que l'état hygrométrique est faible et l'évaporation est très importante. C'est à cette rigueur climatique que doit faire face la végétation du Tassili n'Ajjer. Malgré ces conditions climatiques la structure physique du Tassili favorise le développement d'une végétation notamment dans les dépressions et fonds de vallées où les eaux de pluies peuvent s'accumuler. Aux sommets du Tassili, par contre, la végétation y est appauvrie en espèces et en nombre d'individus.

### Chapitre III : ETUDE DE LA FLORE ASSOCIEE AU CYPRES DU TASSILI

#### 1- LA FLORE DU TASSILIN'AJJER

La flore du Sahara est caractérisée par sa pauvreté et l'irrégularité de sa distribution spatiale et temporelle. Ces caractéristiques sont le reflet des conditions climatiques, édaphiques, historiques et anthropiques.

La conclusion de la pauvreté et l'irrégularité de la distribution de la flore du Sahara a été tirée du fait que le nombre d'espèces colonisant de très vastes étendues est médiocre, ceci figure l'un des traits dominants de la physionomie générale de cet écosystème. Cette pauvreté est particulièrement évidente si l'on compare le Sahara aux régions méditerranéennes ou tropicales qui l'encadrent.

Sur le plan floristique le Sahara est caractérisé par l'importance de la flore d'origine sahélienne Quézel (1965), qui se confine en dehors des zones montagneuses, essentiellement dans les lits d'oueds. Son développement est souvent la conséquence des précipitations locales, qui apparaissent d'une façon épisodique et irrégulière.

Les premières études synthétiques consacrées à la flore et à la végétation sont les oeuvres de (Chevalier 1932; Maire 1933, 1936, 1940 et 1943; Maire et Monod 1950; Monod 1954, 1958 et 1968; Quézel 1954a, 1956, 1957, 1958a et 1965; Quézel et Santa 1962-1963 ; Gillet 1968; Bruneau de Miré et Gillet 1956; Bruneau de Miré 1960; Leredde 1957; Collenot et *al.* 1960; Ozenda 1977 et 1991; Lebrum 1981 et 1982; Thinon et *al.* 1996; Abdoun 2000; Abdoun et Beddiaf 2002; Benhouhou et *al.* 2003 et 2005). Ozenda (1991) considère que la flore saharienne compte environ 1200 espèces de végétaux supérieurs. Quézel (1978) y dénombre 10 familles de cryptogames et 104 familles d'angiospermes dont les principales sont les Composées, les Légumineuses, les Graminées et les Crucifères.

Le Houérou (1990, 1992) donne des valeurs nettement plus élevées, avec un total de 2800 espèces, ce qui paraît énorme. D'après cet auteur, la flore est relativement abondante en haute montagne comparativement aux piémonts qui les entourent; les plaines du Sahara Central comptent environ 500 espèces de phanérogames. Les territoires d'altitude supérieure à 1000 m recouvrent une superficie d'environ 500 000 km<sup>2</sup> et comptent quelque 850 espèces de plantes à fleur.

Pour l'ensemble désertique qui commence de l'Atlantique jusqu'à la mer rouge en traversant tout le continent africain, il ne semble pas que le total des espèces de plantes vasculaires dépasse le chiffre de 1200 qui est généralement indiqué; il est difficile d'ailleurs, en l'état actuel des connaissances, de le fixer avec précision. Dernièrement, des prospections dans l'Ahaggar ont permis la découverte de nouvelles stations de *Pistacia atlantica* Bencharif et *al.* (1991) et Abdelkrim (1992) et d'*Acacia seyal*, *A. leata* et *A. albida* (Sahki et Sahki, 1991). En se basant sur les travaux synthétiques qui ont été consacrés à divers territoires sahariens, on peut établir le tableau 3.

Tableau 3: Richesse spécifique de quelques régions du Sahara

	Superficie (x.10 <sup>3</sup> km <sup>2</sup> )	Nbr. d'espèces	Espèce par km <sup>2</sup>	Références
Tassili	90	340	3,80	Leredde, (1957)
Hamada Sud marocaines	100	250	2,50	Guinet et Sauvage (1954)
Ahaggar	150	300	2,00	Quézel (1954a)
Majabat al Koubrâ	150	7	0,04	Monod (1958)
Tibesti	200	568	2,80	Quézel (1958a)
Sahara Garbia	300	330	1,10	Guinea (1952)
Sahara altitudinal	500	850	1,70	Le Houérou (1990)
Fezzan et région de Ghat	600	230	0,38	Corti (1942)
Mauritanie	800	360	0,45	Sauvage (1953)
Sahara Central	1250	500	0,40	Le Houérou (1990)
Sahara	8000	2800	0,35	Le Houérou (1990)
Total	2139	6885	5,60	

Avec une superficie réduite le Tassili n'Ajjer est la région du Sahara central la plus dense avec 3,8 espèces par km<sup>2</sup>. La richesse floristique des hautes montagnes comparativement aux piémonts qui les entourent est confirmée (Figure 11). Le Tassili n'Ajjer vient en tête suivi de l'Ahagar.

Des études plus récentes, notamment celles de Ag Sidiyène et *al.* (1996), Bouchneb (2000), Gast (2000), Benchellah et *al.* (2000), Benhouhou et *al.* (2003 et 2005), Abdoun et Beddiaf (2002), ont contribuées à la connaissance de la flore et la végétation du Sahara Central.

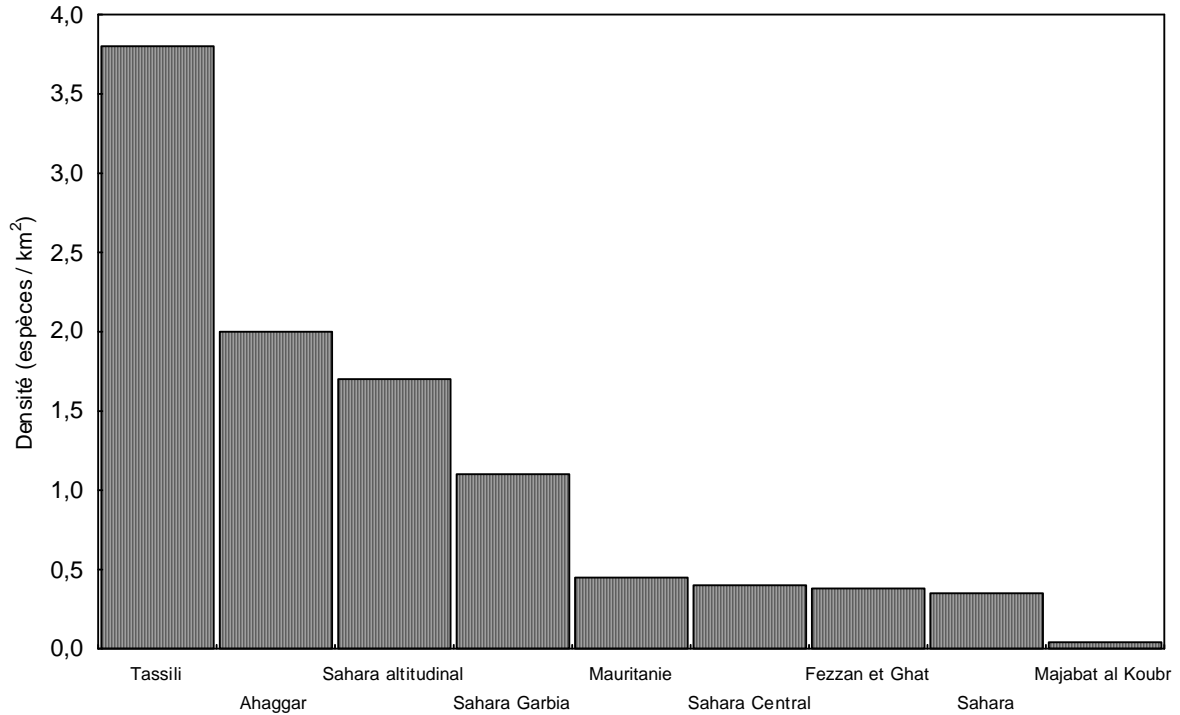


Figure 11 : Richesse spécifique de quelques régions du Sahara

Sur le plan biogéographique, la moitié de la flore du Tassili, qui compte 340 espèces, appartient à l'élément saharo-sindien, suivi de l'élément méditerranéen, puis tropical (figure 12). Le taux des endémiques considéré est à corriger à la suite des travaux de Lebrun, (1982).

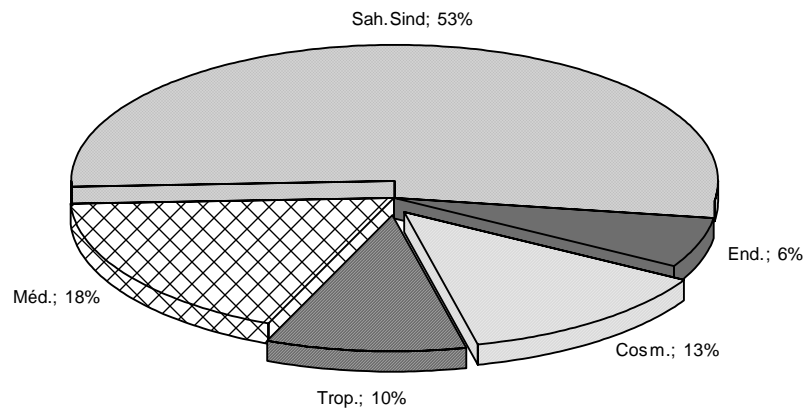


Figure 12 : Spectre biogéographique du Tassili n'Ajjer (Leredde, 1957)

Le spectre biogéographique de la zone à cyprès, qui se situe entre 1500 et 1800 m, prospectée par Barry *et Celles*, (1972-1973) montre que la proportion des éléments méditerranéens est constante, alors que celle des éléments tropicaux et cosmopolites



est réduite, par contre la proportion des endémiques et des saharo-sindiens augmente (figure 13).

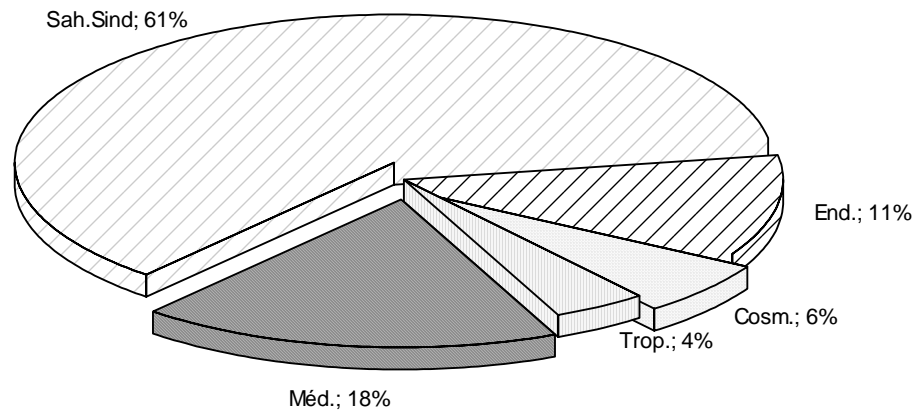


Figure 13: Spectre biogéographique, zone à cyprès Barry et Celles, (1972-1973)

Pour Leredde, (1957), l'ensemble du Tassili n'Ajjer doit être placé dans l'étage saharo tropical avec, dans quelques endroits, une transition avec l'étage Saharo méditerranéen inférieur, surtout dans la région Sud Sud-est du plateau. En effet, l'étage Saharo méditerranéen (à partir de 1700 m) occupe une très faible surface.

De nombreux travaux ont été consacrés à la flore et à la végétation saharienne (chorologie, conservation et valorisation). Ces travaux ont traduit la réponse de la flore locale aux facteurs écologiques (Diels 1917; Maire 1940; Murat 1944; Leredde 1957; Quézel 1954b, 1956, 1958 et 1965; Barry *et al.* 1970; Gharzouli et Kaabeche 1997; Abdoun et Beddiaf 2002 ; Benhouhou *et al.* 2005). Mais peu d'études ont porté sur l'écologie du cyprès et les groupements dans lesquels il se trouve.

Malgré les quantités de pluies extrêmement réduites, une couverture végétale basse et clairsemée se retrouve le plus souvent confinée au niveau des oueds. La végétation actuelle se développe sous un climat extrême avec un rythme d'activité qui n'est plus méditerranéen (Quézel, 1954b).

Le Tassili n'Ajjer porte les traits de la flore saharienne, pauvreté spécifique et association de plusieurs éléments biogéographiques et endémisme (Ozenda, 1954). Parmi les endémiques les plus remarquables, on peut citer plusieurs espèces:

*Cupressus dupreziana*, *Myrtus nivellei*, *Olea laperrini*, *Lavandula antineae*, *Lupinus digitatus*, *Teucrium pollium*, *Lotus jolyi*, *Silene kiliani*, *Reseda villosa*...

Au Tassili n'Ajjer, les lits d'oued et les zones d'épandage où les sols présentent les caractéristiques pédologiques les plus favorables pour le maintien des espèces végétales, constituent l'habitat le plus propice au développement de la végétation.

Les lits d'oueds graveleux hébergent des formations à *Acacia raddiana* ou *Acacia ehrenbergiana* et *Panicum turgidum* avec diverses variantes à travers tout le Sahara Leonard (2001). Lorsque le lit d'oued devient encore plus caillouteux, les plantes s'établissent dans les fentes plus ou moins larges où le sable a pu s'infiltrer. C'est dans ce type d'oued que l'on retrouve le plus souvent le *Cupressus dupreziana* (Photo 3 et 4).

Des études floristico-écologiques plus récentes montrent que les éléments arborescents et arbustifs qui accompagnent le cyprès du Tassili ne sont aujourd'hui qu'un reflet très dégradé de structures probablement plus développés avant les grandes phases de dégradation anthropique et notamment durant la phase humide saharienne se situant entre 11000 et 6000 BN (Rognon, 1976a et b). Les éléments de ces structures s'encartent dans les *Acacio-Arganetalia* (Quézel et al., 1994). Ce sont : *Rhus tripartitum*, *Globularia alypum*, *Zizyphus lotus*, *Periploca angustifolia*, auxquelles s'ajoutent *Lavandula pubescens*, *Capparis spinosa* et *Ballota hirsuta*.

Au Sahara la présence d'éléments originaux comme *Myrtus nevellei*, *Olea laperrini* et bien surs *Cupressus dupreziana* pourrait conduire à l'identification d'une alliance de cet ordre *Myrto-nevellei-Oleion laperrini* (Barbéro, 2001).

## 2- MATERIEL ET METHODES

### 2- 1- Stratégie de l'échantillonnage

#### 2- 1- 1- Période d'échantillonnage

Pour l'échantillonnage, nous avons parcouru le Tassili n'Ajjer, surtout les oueds à *Cupressus dupreziana* (Figure 14), durant les printemps 1999-2002, période à laquelle la plupart des pérennes sont en fleurs et où le plus grand nombre d'éphémères (l'acheb) apparaissent .

Les relevés floristique ont été réalisés en dehors du couvert de la frondaison des arbres, afin d'éviter l'intégration des surfaces où la végétation nitrophile domine, les cyprès servant de reposoirs

## 2- 1- 2- **Choix et localisation des stations**

Notre étude est plus exhaustive au niveau des cyprès du Tassili. Préalablement à la prospection du terrain, nous nous sommes appliqués à étudier, éclairés par des guides Touaregs, la zone où se cantonnent les cyprès et en particulier les oueds à cyprès. Sur les explications et les directives des guides les noms des lieux ainsi que le temps estimé pour les déplacements d'un lieu à un autre sont notés. Généralement nous faisons 30 km par jour.

Tous les Cyprès rencontrés ont été localisés grâce à la vigilance des guides touaregs. Les caractéristiques écologiques des sites où se localisent les arbres et l'état des arbres eux-mêmes sont notées. Les arbres sont numérotés d'amont en aval de chaque oued.

## 2- 1- 3- **Méthodes de prélèvement des échantillons**

Pour l'échantillonnage, au niveau des oueds à cyprès, La végétation est ainsi décrite à travers 51 relevés totalisant 150 espèces, chacune étant caractérisée par un critère semi quantitatif (coefficient d'abondance dominance) selon l'échelle de Braun-Blanquet (Géhu et *al.*, 1981).

Selon la configuration du terrain, la surface des relevés varie de 50 à 200 m<sup>2</sup> (lits d'oued encaissés ou assez larges). Conventionnellement, la surface acceptable dans les zones arides pour définir l'aire minimale est de 100 m<sup>2</sup> Kassas (1953) voire 200 m<sup>2</sup> au Sahara central (Quézel, 1965). Les conditions stationnelles sont notées: substrat, altitude, présence d'eau (guelta).

## 2- 2- **Méthodes de traitement des données**

### 2- 2- 1- **Méthodes de déterminations des espèces**

La détermination des espèces a été réalisée sur des échantillons possédant des fleurs et des graines. Cette identification est facilitée par l'utilisation de la flore de Quézel et Santa (1962-1963) et celle d'Ozanda (1991).

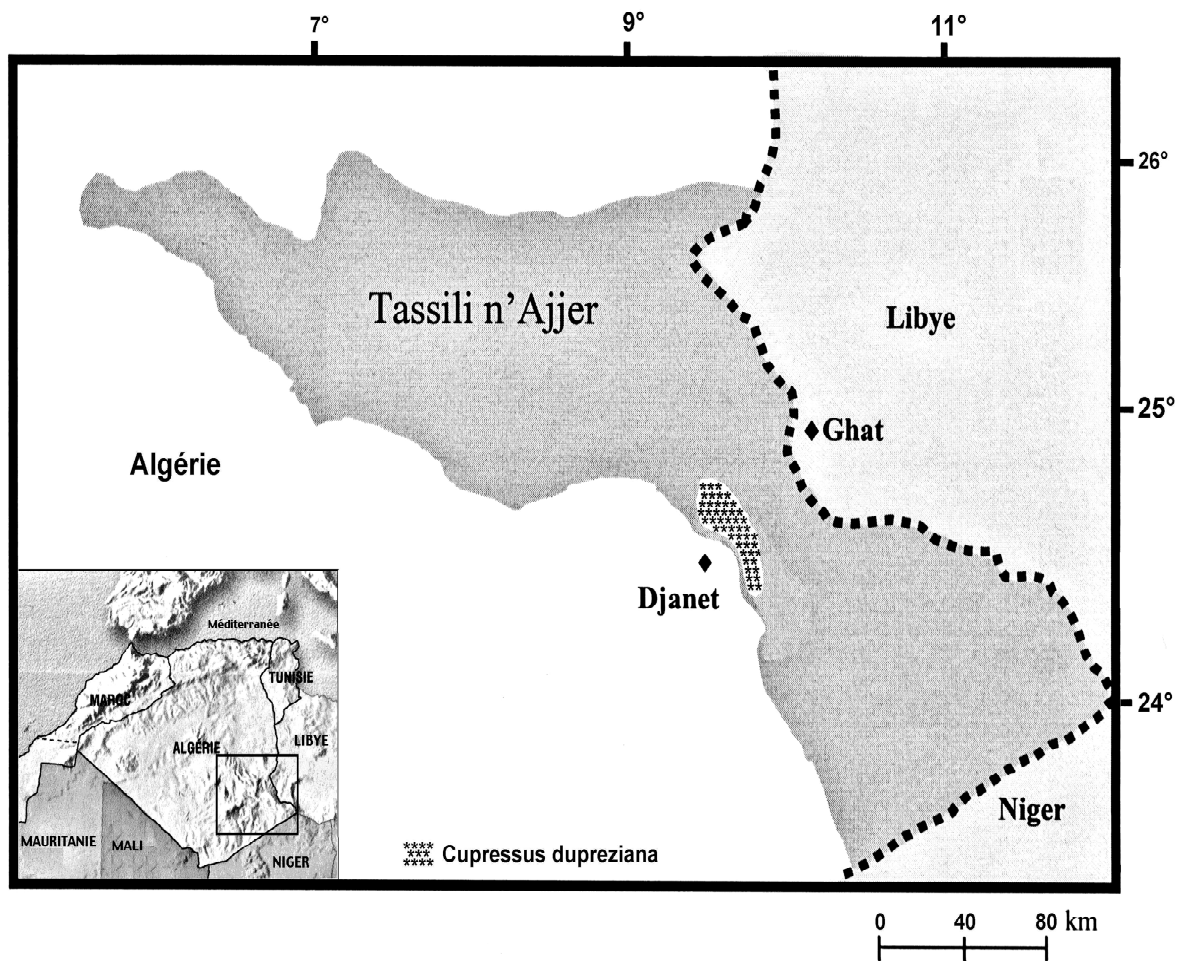


Figure 14 : Localisation de la zone d'échantillonnage dans les oueds à Cyprès

Des échantillons sont mis en herbar, comme témoins, au laboratoire de Valorisation des Ressources Biologiques Naturelles de l'Université Ferhat Abbas de Sétif.

## 2- 2- 2- Méthodes d'analyse statistique des données

### 2- 2- 2- 1- Analyse factorielle des correspondances

L'Analyse Factorielle des Correspondances (A. F. C.) est largement utilisée dans les études écologiques C'est une technique d'analyse très appropriée pour la détermination (ou la mise en évidence) des groupements végétaux. Elle est très utilisée pour discriminer de manière objective des entités de végétation. « Le tableau phytosociologique brut constitue une matrice de départ tout à fait propice à l'A.F.C ». Cette méthode peut être qualifiée d'objective dans la mesure où elle compare les relevés de végétation deux à deux à partir de l'ensemble du cortège floristique, sans attribuer à l'un ou à l'autre des taxons qui le composent une valeur particulière. Le

nuage des points "relevés" dans cette analyse montre une structuration indépendante de la valeur Ecologique des espèces, chacune d'entre elle apportant son lot d'informations au cours du traitement.

Bonin et Tatoni (1990) et Vedrenn, (1982) ont démontré que la prise en compte de la seule présence des espèces végétales ou, de leur abondance, lors de l'analyse, ne constitue pas un élément déterminant pour la mise en évidence des groupements végétaux. Pour cet auteur la liste des espèces végétales impliquées dans l'A.F.C. apporte bien l'information majeure au plan écologique. La prise en compte de l'abondance ne fait qu'accentuer ou atténuer, parfois, certaines tendances.

#### 2- 2- 2- 2- **Classification Hiérarchique Ascendante (C.H.A.)**

Cette technique de classement a pour principe le regroupement des individus d'un ensemble par similitude. Celle-ci est exprimée par un critère de proximité ou de distance adéquate, choisi à priori, de façon à construire progressivement une suite de partitions emboîtées en partant de celle où chaque individu constitue une classe. Dans la classification ascendante hiérarchique, on regroupe les individus les plus proches et ainsi de suite de proche en proche. Concrètement la CAH est une méthode de classification permettant une construction de hiérarchies indicées. Utilisé comme aide à l'interprétation de l'A.F.C. cette technique permet d'éviter les erreurs et les subjectivités dans la discrimination des ensembles de relevés (Bouxin, 2004).

### 3- RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3- 1- Chorologie

L'investigation des oueds à cyprès nous a permis d'identifier 150 espèces (Annexe 1). Le développement de cette flore, annuellement surtout, n'est bien souvent que la conséquence des précipitations locales qui apparaissent d'une façon épisodique et irrégulière.

Dans cette flore les espèces de souche Saharo sindienne prédominent avec 38 % (figure 15), suivie d'une forte présence des endémiques, alors que l'élément saharien est faiblement représenté (4 %). On remarque la présence importante de l'élément tropical 5 %. Cet ensemble biogéographique voisin, possède une influence particulière sur la constitution de la flore du Tassili n'Ajjer.

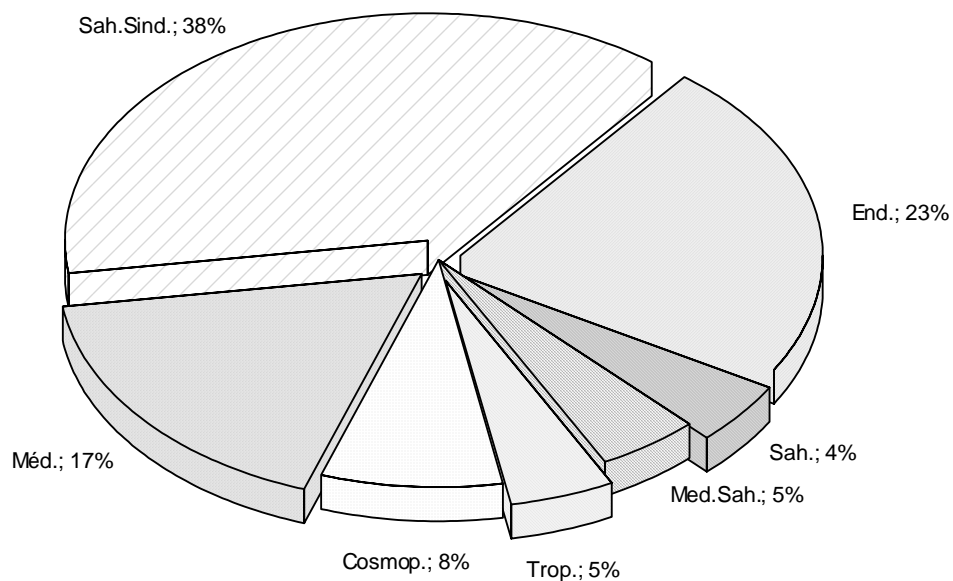


Figure 15 : Spectre biogéographique du Tassili n'Ajjer

L'examen des pourcentages de divers types biogéographiques permet une comparaison avec ceux donnés pour quelques unes des associations végétales du Hoggar, citées par Quézel (1965) et les groupements à *Cupressus dupreziana* par Barry et al. (1970) (tableau 4). Parmi les six groupements identifiés, deux entre eux ne possèdent aucune espèce endémique les quatre autres se rapprochent par leur pourcentage relativement élevé. Les groupements de montagne, mis à part celui à

*Nerium oleander* et *Tamarix gallica*, présentent un pourcentage faible d'espèces cosmopolites.

Tableau 4.- Comparaison des spectres biogéographiques de quelques groupements végétaux sahariens.

Association	Méditerranéenne	Sah.Sind	Tropicale	Cosmopolite	Endémique	Nb espèce
<i>Olea laperini</i> et <i>Crambe kralikii</i> var. <i>garamas</i> . <sup>(1)</sup>	49,3	28,2	2,5	4,4	15,6	45
<i>Myrtus nivellei</i> et <i>Pennisetum orientale</i>	41,6	25,8	9,9	4,5	18,2	22
<i>Nerium oleander</i> et <i>Tamarix gallica</i> ssp <i>nilotica</i> <sup>(1)</sup>	22,4	19,7	6,0	40,9	-	22
<i>Tamarix articulata</i> et <i>Farsetia ramosissima</i> var. <i>garamantum</i> <sup>(1)</sup>	6,2	72,3	13,3	8,2	-	49
Groupement à <i>Cupressus dupreziana</i> <sup>(2)</sup>	18	61	4	6	11	93
Groupement à <i>Cupressus dupreziana</i>	22,1	42,4	4,7	8,1	22,8	150

<sup>(1)</sup>Quézel (1965), <sup>(2)</sup>Barry et al. (1970)

Nos résultats ne diffèrent pas fondamentalement de ceux de Barry et al. (1970), mais ils permettent de rapprocher nos structures à celle de l'association à *Myrtus nivellei* et *Pennisetum orientale*.

### 3 2- Les types biologiques

La flore de nos relevés est constituée essentiellement de phanérogames. Les espèces annuelles « l'acheb » représentent au Tassili n'Ajjer un pourcentage appréciable (30,2%) alors que les vivaces sont dominées par les chaméphytes (42,4%), Les géophytes avec 0,7% sont très faiblement présents (figure 16).

Les pourcentages des divers éléments biologiques (spectre biologique) permettent aussi une comparaison intéressante avec les données de quelques associations végétales du Hoggar, et les groupements à *Cupressus dupreziana* (tableau 5).

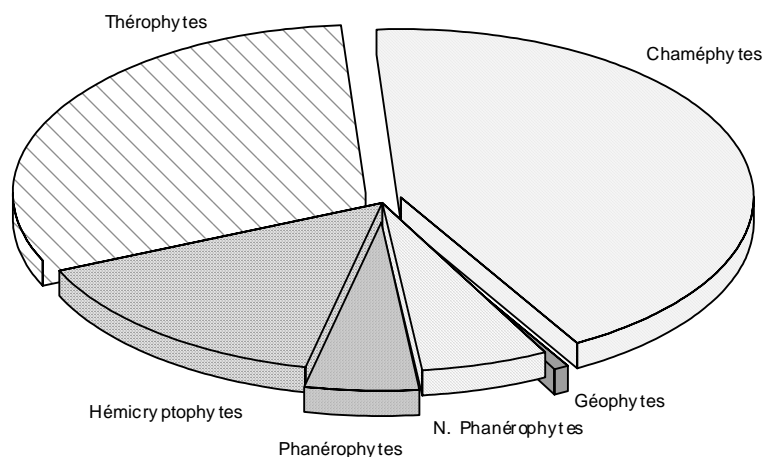


Figure 16 : Spectre biologiques des espèces du Tassili n'Ajjer

Tableau 5 : Spectres biologiques de quelques groupements végétaux sahariens.

Association	Phanérophytes	Chaméaphytes	Hémicryptophytes	Géophytes	Thérophytes
<i>Olea laperini</i> et <i>Crambe kralikii</i> var. <i>garamas</i> <sup>(1)</sup>	13,5	51,1	24,5	-	11,1
<i>Myrtus nivellei</i> et <i>Pennisetum orientale</i>	18,2	40,9	36,4	-	4,5
<i>Nerium oleander</i> et <i>Tamarix gallica</i> ssp <i>nilotica</i> <sup>(1)</sup>	9,1	13,6	59,1	-	18,2
<i>Tamarix articulata</i> et <i>Farsetia ramosissima</i> var. <i>garamantum</i> <sup>(1)</sup>	12,2	26,6	12,2	2	47
Groupement à <i>Cupressus dupreziana</i> <sup>(2)</sup>	11	36	22	2	28
Groupement à <i>Cupressus dupreziana</i>	12	42,4	14,8	0,7	30,2

<sup>(1)</sup>Quézel (1965), <sup>(2)</sup>Barry et al. (1970)

Ces groupements offrent une ressemblance dans leurs spectres biologiques, en raison de la très faible présence de géophytes et du pourcentage similaire des phanérophytes. Le taux des thérophytes se rapproche des valeurs de l'association à *Tamarix articulata* et *Farsetia ramosissima*. Il faut signaler que la valeur indiquée pour le pourcentage des thérophytes des groupements végétaux des régions sahariennes est parfois très variable. Le développement de l'acheb (essentiellement des éphémérophytes) ne se déclenche qu'à l'occasion des pluies (Photos 1 et 2).





Photo 1 : Développement de l'acheb après précipitation au Tassili n'Ajjer



Photo 2 : Oued à *Cupressus dupreziana* pendant la saison sèche

Les éléments de ces structures présents dans nos relevés sont représentés dans les *Acacio-Arganetalia* (Quézel et al., 1994). Ce sont : *Rhus tripartitum*, *Globularia alypum*, *Zizyphus lotus*, *Periploca angustifolia*, *Lavandula pubescens*, *Capparis spinosa*, *Ballota hirsuta*.

Au Sahara la présence d'éléments originaux *Myrtus nevellei*, *Olea laperrini* et bien sur *Cupressus dupreziana* pourrait conduire à l'identification d'une alliance de cet ordre *Myrto-nevellei-Oleion laperrini* (Barbéro, 2001).

### 3- 3- Groupements végétaux

L'analyse factorielle des correspondances a porté sur les 51 relevés. Compte tenu de la faible abondance des espèces nous avons opté pour l'analyse en présence absence. La contribution à l'inertie totale des trois premiers axes ne dépasse pas les 35%. Elle témoigne d'une faible structuration du nuage le long des trois premiers axes, en raison de l'uniformité générale des groupes de végétation. D'ailleurs la séparation des sous groupes de relevés n'est pas suffisamment nette sur les trois premiers plans.

#### 3- 3- 1- **Identification des ensembles de relevés**

L'examen des cartes factorielles illustrant le plan de projection 1/2 permet de constater l'existence de deux ensembles de relevés.

- L'ensemble A regroupe la majorité des relevés et s'oppose à l'ensemble B, formé par neuf relevés (31, 50, 26, 47, 51, 48, 49, 27, 28), localisé dans le coté négatif de l'axe 2 (figure 17).

- L'ensemble B est nettement bien individualisé, alors que l'ensemble A occupe toute la longueur de l'axe 1 du pôle positif au pôle négatif, néanmoins, on remarque l'identification d'un sous groupe de relevés (1, 2, 3, 5, 20, 21, 23) sur la partie positive de l'axe.

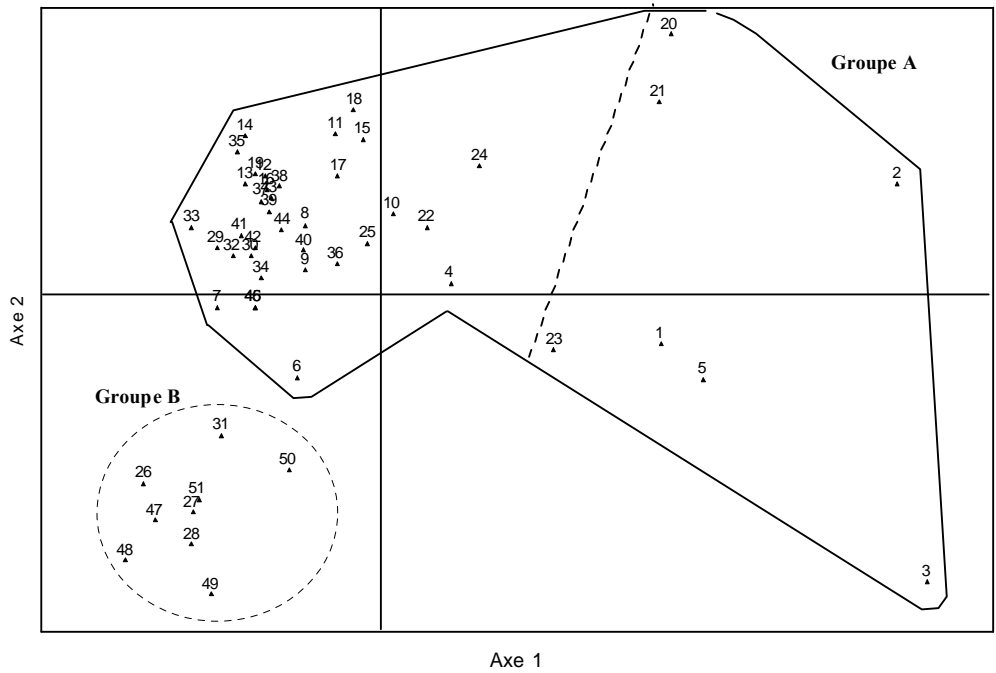


Figure 17 : Ordination des relevés dans le plan 1 / 2 de l'AFC

Sur le plan de projection 1/3, les relevés (15 et 18) s'isolent sur la partie négative de l'axe 3 (figure18).

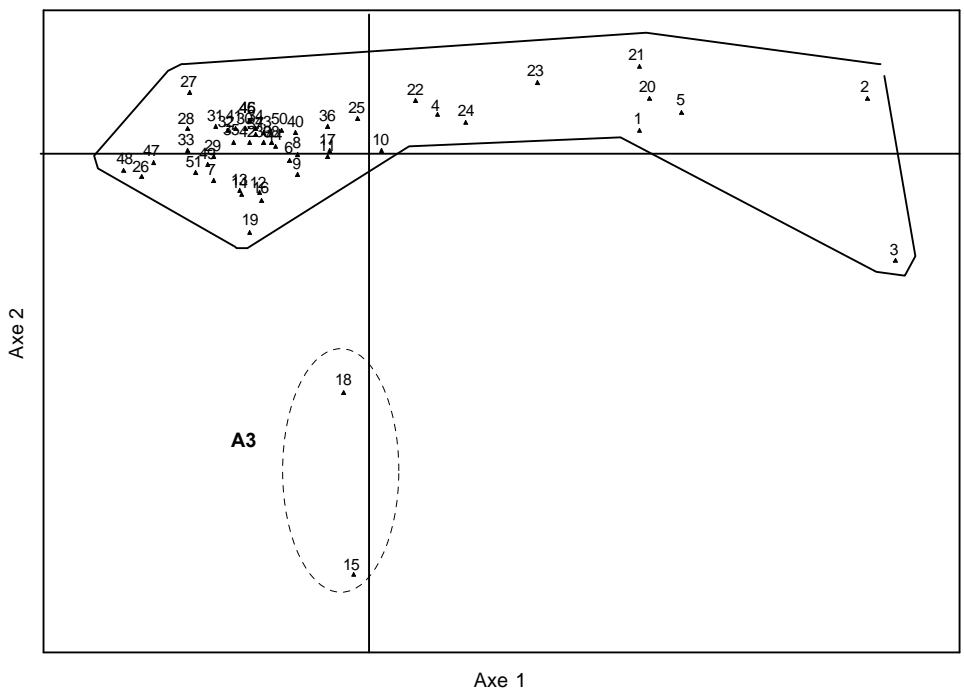


Figure 18 : Ordination des relevés dans le plan 1/ 3 de l'AFC

Pour la discrimination, éventuellement, d'autres groupes nous avons effectué une deuxième AFC sans prendre en compte les relevés 15 et 18.

L'analyse du plan de projection 1/2, de la seconde AFC, permet de constater une répartition des relevés en forme de U, et l'existence d'une ressemblance dans la distribution de groupes de relevés issus de la première analyse factorielle.

En complétant l'analyse des plans de projection du nuage des points relevés par celle d'une classification hiérarchique ascendante réalisée sur les points-relevés affectés de leurs coordonnées sur les trois premiers axes de l'AFC, il est possible de distinguer au sein de l'ensemble A plusieurs groupes de relevés (figure 19).

Le groupe A1, formé par les relevés (1, 2, 3, 4, 5, 20, 21 et 23), se détache sur la partie positive, alors que l'ensemble B se situe sur la partie négative de l'axe 1.

L'ensemble B et le groupe A1 s'opposent au groupe A2, situé sur la partie négative de l'axe 2, lui même subdivisé en deux sous groupes A21 (6, 7, 8, 22, 24, 25, 45, 46, 30, 32, 34) et A22 (9, 29, 41, 42, 44, 33, 12, 37, 43, 16, 13, 39, 19, 14, 35, 38, 36, 40, 10, 11, 17). La superposition de ces deux sous groupes sur la partie négative de l'axe 2 est la conséquence de l'influence de deux types de facteurs écologiques.

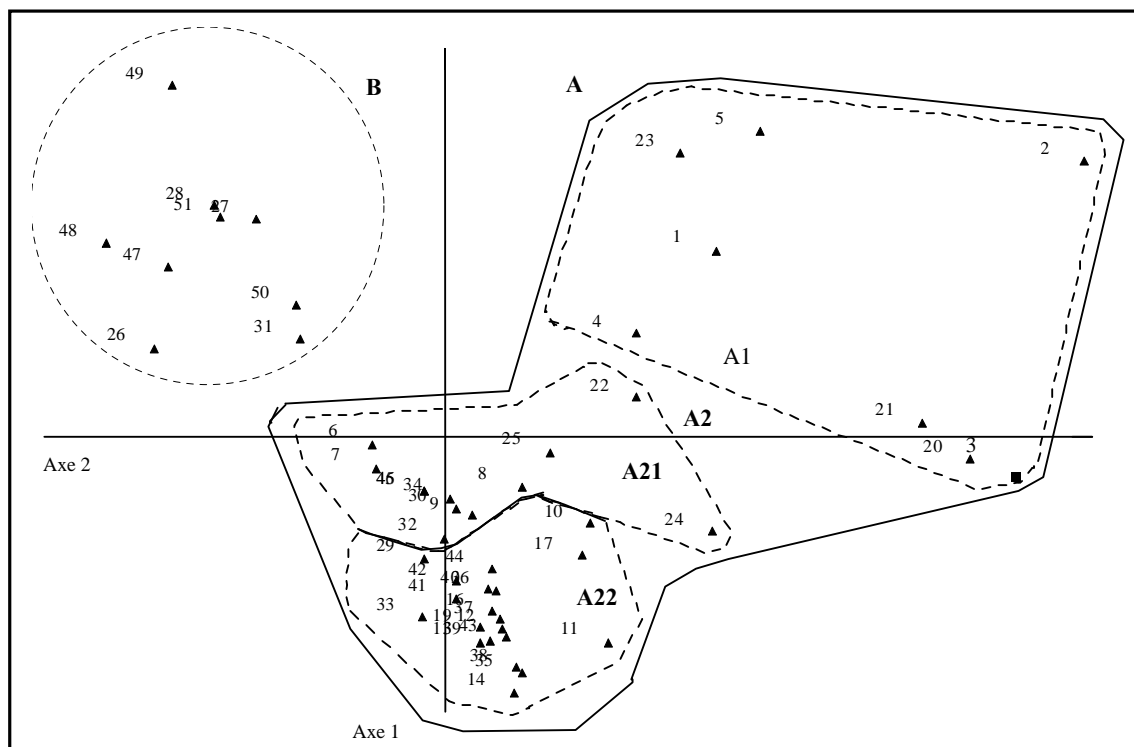


Figure 19 : Ordination des relevés dans le plan 1 /2 de l'AFC

### 3- 3- 2- Signification écologique des axes

La recherche de la signification écologique des axes factoriels s'appuiera sur la confrontation des espèces à fortes contributions relatives et à fréquence significative se répartissant d'une part du côté positif et d'autre part du côté négatif de chacun des axes. Nous tenterons ainsi de préciser quels sont les facteurs écologiques majeurs influant sur la diversification du tapis végétal au Tassili n'Ajjer.

#### Axe 1

- Les espèces à fortes contributions (valeurs supérieures à la moyenne des contributions de toutes les espèces) dans la partie positive de l'axe sont : *Anabasis articulata*, *Nucularia perrini*, *Salsola vermiculata*, *Spergularia salina*, *Rumex simpliciflorus*, *Hordeum maritimum*, *Limonium sinuatum*, *Calligonum azel*, *Anastatica hierochuntica*, *Andryala rothia*, *Anvillea radiata*, *Astragalus caprinus*, *Chloris barbata*, *Erigeron bovei*, *Fagonia zilloides*, *Farsetia ramosissima*, *Filago spathulata*, *Helianthemum ellipticum*, *Helianthemum geniorum*, *Heliotropium luteum*, *Koelpinia linearis*, *Launaea nudicaulis*, *Lupinus pilosus*, *Matthiola longipetala*, *Paronychia capitata*, *Pennisetum dichotomum*, *Trichodesma africanum*, *Plantago amplexicaulis*, *Plantago ciliata*, *Pulicaria lacianata*, *Silene kiliani*, *Tricholaena teneriffae*, *Trigonella stellata*, *Volutaria leucantha*

- Le côté négatif de l'axe, dans la première AFC, correspond aux espèces : *Hyparrhenia hirta*, *Scirpus holoschoenus*, *Periploca laevigata*, *Farsetia aegyptiaca* et *Zilla spinosa*

Cet axe oppose des espèces halophiles, se développant sur substrat relativement salin, à des espèces se développant sur des sols non salins. Dans la deuxième AFC, l'axe 1 oppose le groupe A1 (espèces halophiles) à l'ensemble B qui contient des espèces tolérantes à la salinité. Donc l'axe 1 correspond à un gradient décroissant de la salinité du pôle positif au pôle négatif.

#### Axe 2

- Le côté positif de l'axe s'identifie par la liste des espèces dont la plupart exigent un certain taux d'humidité : *Phoenix dactylifera*, *Nerium oleander*, *Rhus tripartitum*, *Olea laperrini*, *Cymbopogon schoenanthus*, *Silene villosa*, *Maerua*

*crassifolia*, *Acacia raddiana*, *Fagonia flamandi*, *Salvia aegyptiaca* et *Teucrium pollium*.

- Le côté négatif de l'axe correspond aux espèces psammophiles (*Artemisia campestris*, *Senecio hoggariensis*, *Malcolmia aegyptiaca*, *Euphorbia calyptrata*, *Desmostachya bipinnata*, *Cynodon dactylon*, *Cleome arabica*, *Marrubium deserti*, *Juncus maritimus*, *Iflago spicata*, *Calligonum comosum*, *Aristida sahelica*, *Aristida pungens*, *Aristida obtusa*, *Tribulus terrestris*, *Schismus calycinus*, *Peganum harmala*, *Neurada procumbens*, *Leysera leyseroides*, *Fagonia glutinosa* et *Asphodelus refractus*).

L'axe 2 s'identifie par deux gradients, du pôle positif au pôle négatif, l'un est représenté par les différences de texture du sol, du sable vers des rocailles ensablés, l'autre par le taux croissant d'humidité du sol. Ces deux facteurs, texture et humidité du sol, ont conduit la superposition, dans la deuxième AFC, des deux sous groupes. Le sous groupe A21 se localise à l'extrémité négative du pôle de l'axe 2, il exprime plus d'humidité du sol que le groupe A22.

- Le sous groupe A21 est caractérisé par des espèces, qui généralement, se développent sur substrat rocailleux relativement humide (*Linaria aegyptiaca*, *Aristida adscencionis*, *Teucrium polium*, *Pulicaria undulata*, *Argyrolobium uniflorum*, *Varthemia sericea*, *Atractylis aristata*)

- Le sous groupe A22 est structuré surtout par des espèces occupant un sol rocailleux et nécessitent un taux élevé d'humidité, par rapport au sous groupe A21, (*Phoenix dactylifera*, *Myrtus nivellei*, *Olea laperrini*, *Nerium oleander*, *Rhus tripartitum*, *Acacia raddiana*, *Hyparrhenia hirta*, *Anethum graveolens*, *Ziziphus lotus*, *Pithuranthos chloranthus*, *Periploca laevigata*, *Pulicaria arabica*, *Helianthemum lippii*, *Cymbopogon schoenanthus*, *Androcymbium gramineum*, *Salvia aegyptiaca*, *Anvillea radiata*)

Le groupe A2 s'oppose à l'ensemble B par certaines espèces qui se développent sur des lits d'Oueds sablonneux ou rocailleux humides (*Phoenix dactylifera*, *Myrtus nivellei*, *Olea laperrini*, *Nerium oleander*, *Rhus tripartitum*, *Acacia raddiana*) et en même temps s'oppose au sous groupe A1 par la présence des espèces se développant sur substrat non salé (*Pulicaria arabica* *Anvillea radiata*, *Pithuranthos chloranthus*,

*Pulicaria undulata*, *Acacia raddiana*, *Ziziphus lotus*, *Cymbopogon schoenanthus*, *Salvia aegyptiaca*).

### Axe 3

Dans la première AFC, l'axe 3 est caractérisé dans sa partie négative par les espèces du groupe A3 (15 et 18): *Anethum graveolens*, *Alyssum macrocalyx*, *Aerva persica*, *Schowwia purpurea*, *Diploaxis acris*, *Reseda alphonsii*, *Acacia scorpioides*, *Fagonia arabica*, *Fagonia latifolia*, *Cocculus pendulus*.

L'axe 3 correspond à des espèces de rocailles situés sur les sentiers ou la pression humaine est très présente.

La végétation psammophile constitue le paysage végétal saharien actuel puisque les espèces de souche saharo-sindienne représentent dans le spectre biogéographique le pourcentage le plus élevé.

La flore du Tassili n'Ajjer est un remarquable réactif des caractéristiques de ses sols, sa diversité est directement liée à la texture et au taux d'humidité comme c'est mentionné dans divers travaux sur la végétation saharienne (Diels 1917; Chipps 1930; Maire et Monod 1950; Murat 1944; Leredde 1957; Quézel 1954a, 1956, 1958 et 1965; Guinochet et Quézel 1954b; Lemée 1952; Barry et al. 1970; Leredde 1957; Abdoun 2002; Benhouhou 2005).

L'analyse factorielle des correspondances appliquée à la végétation du Tassili n'Ajjer (Oueds à cyprès) nous permet d'avancer quelques conclusions.

Il existe une séparation des ensembles floristiques en fonction :

- de la texture du substrat, allant des sables au substrat rocailleux en passant par divers mélanges de sol.

- du taux de salinité du sol, spécifique à certaines localités au Tassili n'Ajjer et du gradient d'humidité.

Il semble, au vu des résultats obtenus lors des traitements que le pâturage s'exerce sur l'ensemble des stations échantillonnées surtout après les précipitations et en liaison avec l'apparition de l'achab, qui se traduit alors dans la majorité des relevés, par le développement des espèces annuelles pâturées.

Divers ensembles d'espèces à étroites affinités écologiques ont pu être mis en

évidence ; ils constituent autant d'indicateurs des paramètres écologiques.

- *Anabasis articulata*, *Nucularia perrini*, *Salsola vermiculata*, *Spergularia salina*, *Rumex simpliciflorus*, *Hordeum maritimum*, révèlent la présence d'un certain taux de salinité dans le sol.

- *Phoenix dactylifera*, *Nerium oleander*, *Rhus tripartitum*, *Olea laperrini*, *Acacia raddiana*, témoignent d'un degré important d'humidité du sol.

- *Artemisia campestris*, *Senecio hoggariensis*, *Malcolmia aegyptiaca*, *Euphorbia calyptrata*, *Desmostachya bipinnata*, *Cleome arabica*, etc., ce groupe d'espèce cherchent les sols sablonneux.

#### 4- CONCLUSION

La végétation du tassili n'Ajjer ou au moins la flore des oueds à *Cupressus dupreziana* est riche, nous avons identifiés 150 espèces. Cette richesse est surtout conditionnée par les précipitations et l'apparition de l'acheb. Cette flore est constituée par les phanérogames, avec dominance des chaméphytes. L'élément biologique le plus représentatif est de souche Saharo indienne. Les endémiques sont très présentes, alors que l'élément saharien est faiblement représenté.

Le Tassili n'Ajjer (Sahara central algérien) est une région très affectée, à l'échelle historique, par les phénomènes de changement climatiques et d'anthropisation, surtout un pâturage excessif entraînant une accentuation de la désertification et la disparition des espèces les plus vulnérables. L'extrême aridité du climat et l'homogénéité chimique du substrat font que le Tassili possède une certaine uniformité des paysages végétaux.

Certains arbres du cyprès poussent dans les fissures de dalles gréseuses patinées (Photos 3 et 4). La patine ou vernis du désert se forme à la surface de la roche en contact direct avec l'air et sur laquelle ruisselle l'eau. Le processus de mise en place de cette couche est relativement long (Muzzolini, 1986; Cremaschi, 1994) estimés à plusieurs milliers d'années. Cette observation laisse penser que ces arbres ont germé dans la fissure de la dalle patinée donc déjà complètement dénudée, ce qui infirme l'hypothèse de l'arbre fossile vivant, qui serait en discordance avec le reste de la végétation qui l'entoure.



Nos résultats nous ne permettent pas de rattacher le *C. dupreziana* à un groupe bien défini, cependant cette investigation nous a permis de faire ressortir un ensemble écologique d'espèces qui caractérisent le milieu du cyprès du Tassili.



Photo 3  
*Cupressus dupresiana* sur roche nue, Ingharouhane



Photo 4  
*Cupressus dupresiana* sur roche nue, Djabarène

## Chapitre IV : ETUDE MORPHOLOGIQUE DU CYPRES

### 1- LE CYPRES DE TASSILI (*CUPRESSUS DUPREZIANA*)

La présence d'un conifère au Sahara central est signalée dès 1860 par l'ornithologue Tristram. La botaniste A. Camus en 1926 le décrit ainsi comme une nouvelle espèce, *Cupressus dupreziana* A. Camus. Ce cyprès relictuel de Tassili n'existe actuellement à l'état naturel qu'au Tassili n'Ajjer.

*Cupressus dupreziana* A. camus

«Arbre élevé, atteignant 2,5 à 4 m de diamètre, à port tourmenté de *Juniperus phonicea*. Ramules couvertes de feuilles ovales-obtusiuscules, souvent plus ou moins étalées dans la partie libre, les plus gros très crevassés, couverts de feuilles apprimées, munies de nombreuses poches sécrétrices saillantes; ramilles aplaties, portant des feuilles longues de 1,5 à 2 mm, imbriquées, apprimées, ovales-obtusiuscules, ternes, un peu rugueuses, planes, munies de poches sécrétrices très visibles; parties vertes dégageant une odeur aromatique différente de celle du *Cupressus sempervirens*. Cônes subovoïdes, arrondis au sommet, longs de 12 à 18 mm, de 10 à 15 mm de diamètre; écailles 10, moins hautes que larges, les deux supérieures souvent plus petites que les moyennes et soudées, toutes ternes, rugueuses, à très court mucron. Graines couleur cannelle claire, largement ovales-suborbiculaires, de forme assez régulière, longues et larges de 5 à 6 mm, plus ou moins aplaties, munies de deux ailes larges et assez minces »

(Camus, 1926).

*Cupressus dupreziana* présente une grande affinité avec les deux autres cyprès méditerranéens *C. atlantica* et *C. sempervirens* (Debazac, 1964), ce qui a amené à le considérer comme étant issu du *C. sempervirens* (Quézel, 1965). Les caractères distinctifs du cyprès de Duprez (tableau 6) sont ses ramules nettement comprimées, ses cônes plus petits, plus allongés, ses graines de forme suborbiculaire, aussi larges que longues (Ferrandes, 1979). Les plantules de *C. dupreziana* ressemblent davantage à celles de *C. sempervirens* par rapport à celles de *C. atlantica*, tandis que son pollen est le plus volumineux (De Ferré, 1952).

Tableau 6 : Comparaison entre les trois cyprès méditerranéens (Ferrandes, 1979).

	<i>C. dupreziana</i>	<i>C. atlantica</i>	<i>C. sempervirens</i>
Ramule	Disposé dans un plan	fin et court, nettement, quadrangulaire	Court, cylindrique, non distique
Ramule de 2 <sup>ème</sup> ordre	en plans $\pm$ perpendiculaires, glande peu visible, cône de 1,8 à 2,4 cm, mucron faible	quadrangulaire en plans perpendiculaires, glande visible, cône de 1,8 à 2,2cm, mucron faible $\pm$ enfoncé.	en plusieurs plans, cône de 2 à 3,5 cm, mucron peu développé
Pollen	38,5 microns	28,4 microns	27 à 29 microns
Graine	presque sphérique régulière, unie, aile large et fine	brune à aile étroite	Irrégulière, coque épaisse, aile étroite presque orbiculaire

Ferrandes (1979) conclu à la proche parenté de ces trois cyprès qui se seraient, selon cet auteur, différenciés à partir d'une même espèce. Par contre, Silba (1981, 1983 et 1986) les réunit en variétés de l'espèce *C. sempervirens*.

## 2- METHODES D'ETUDE

### 2- 1- Choix et localisation des individus mesurés

Le Tassili n'Ajjer, surtout les oueds à *Cupressus dupreziana*, est parcouru durant les printemps 1999-2002.

Tous les Cyprès rencontrés ont été localisés grâce à la vigilance des guides touaregs. Nous avons décrit les caractéristiques écologiques des sites où se localisent les arbres et l'état des arbres eux-mêmes. Les arbres sont numérotés d'amont en aval de chaque oued. Les mesures, des hauteurs et diamètres des arbres, ont été effectuées pour l'ensemble des individus rencontrés.

### 2- 2- Méthodes de mesures

Des mesures de circonférence ont été effectuées sur les arbres dont la forme s'y prêtait. En effet, les cyprès présentent des ports variables allant de la forme fastigiée à la forme la plus tourmentée. Le tronc, souvent constitué par des tiges anastomosées, se ramifie fréquemment à quelques décimètres du sol, ce qui exclut les mesures conventionnelles à hauteur de poitrine (1,30 m du sol). La hauteur des arbres a été mesurée avec le dendromètre Blume-leiss.

### 3- RESULTATS ET DISCUSSION

La prospection du terrain, la zone où se cantonnent les cyprès et en particulier les oueds à cyprès, nous a permis de visiter 192 cyprès (Annexe 2).

Dans les régions prospectées tous les cyprès vivants ont été échantillonnés et mesurés. L'observation des conditions stationnelles des cyprès a permis d'établir un spectre de répartition des arbres selon le substrat. 94% des individus du *C. dupreziana* colonisent les lits d'oueds, alors les 4% restant se trouvent sur les dalles gréseuses abritant dans leurs fissures les racines des arbres (figure 20).

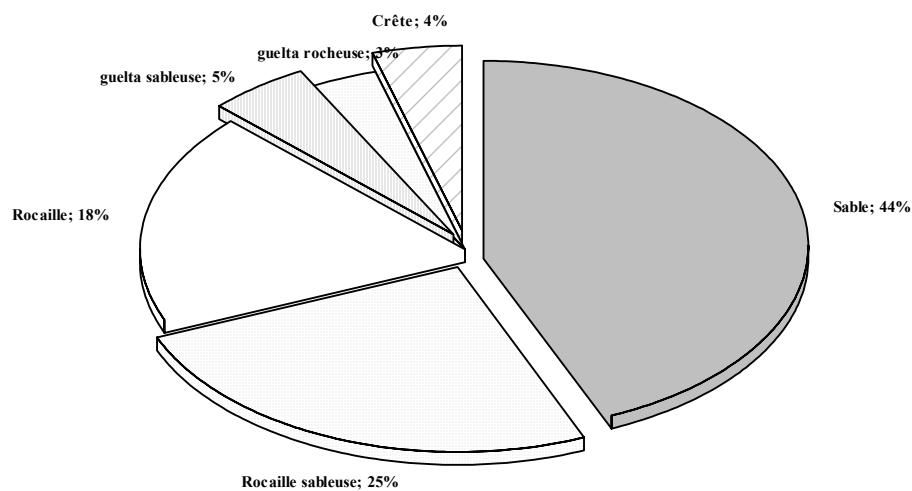


Figure 20 : Répartition stationnelle du *Cupressus dupreziana*

Le cyprès du Tassili préfère les fonds de vallées sablonneux (44%) ou rocailleux sablonneux (25%). Quant aux gueltas, qu'elles soient sableuses ou rocailleuses, elles n'en comptent que 8%. Ce résultat peut être expliqué par la fréquentation de ces «abreuvoirs» par les animaux et les hommes qui rendraient difficile toute survie d'éventuelles germinations. Les mêmes constatations ont été avancées par Abdoun, (2002) avec une faible variation. Cette différence est probablement due à l'appréciation du praticien.

#### 3- 1- Forme et hauteur des arbres

Dans le Tassili, le nombre d'arbres de forme pyramidale est faible. Les arbres qui ont pu garder les formes naturelles ont probablement échappés aux multiples interventions humaines et aux troupeaux.

Par réaction aux coupes, aux mutilations, au feu et à l'élagage, la plupart des arbres ont pris des formes tortueuses parfois étonnantes (Photos 5 et 6). Cependant, l'âge des arbres peut également influencer leur organisation structurale.

La distribution de la hauteur des arbres est normale (figure 21). La hauteur des arbres varie, dans le Tassili n'Ajjer, entre 2 et 23 m. La majorité des individus (68%) ont une hauteur comprise entre 7,7 et 16,4 m. Les individus dépassant les 20 m se localisent dans des fonds des canyons, protégés des vents par les murailles des canyons. Les arbres dont la hauteur est faible (< 5 m) ne sont pas toujours jeunes, la plupart ont été écimés (photos 7 et 8). La hauteur n'est donc pas toujours proportionnelle à l'âge.

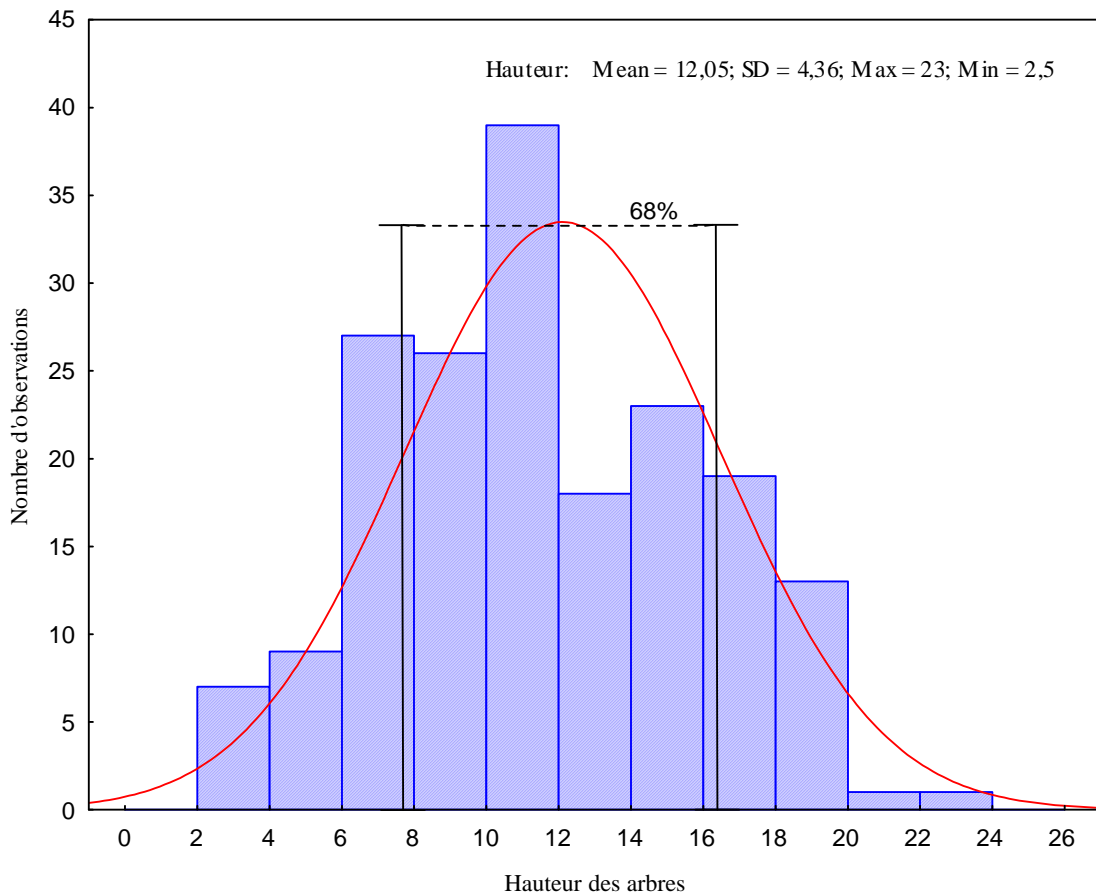


Figure 21 : Fréquences des hauteurs des cyprès au Tassili.



Photo 5 : Forme tortueuse du *Cupressus dupreziana*, TinAbou



Photo 6 : Forme tortueuse du *Cupressus dupreziana*, Imalaouliten





Photo 7 : Cyprès écimé, région d'Inghaldjiouane

Photo 8 : Cyprès écime, région de Reyeye





### 3- 2- Circonférence des arbres

Les circonférences, des arbres vivants au Tassili n'Ajjer mesurées, varient entre 0,32 et 11 m. Toutes les classes de circonférences sont représentées sans interruption (figure 22). Cette continuité traduit une persistance des germinations.

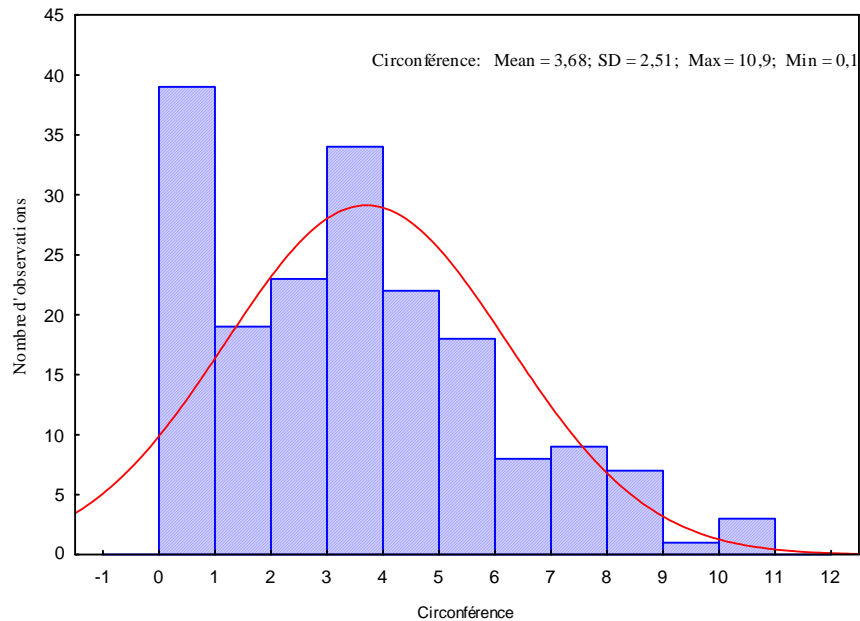


Figure 22 : Fréquence des circonférences des cyprès au Tassili n'Ajjer

La présence d'un nombre important d'arbres (22,22%) dont la circonférence ne dépasse pas 1 m témoigne de :

- la jeunesse du *Cupressus dupreziana*
- la capacité de l'espèce à se reproduire dans les conditions climatiques et édaphiques actuelles.

La courbe de répartition des circonférences indique que la majorité des individus ont un diamètre inférieur à la moyenne (3,68 m). Messerli (1986) a estimé l'âge d'un cyprès, de 1,4 m de circonférence à 1640 ans, donc 68% des individus du *C. dupreziana* ont un âge qui est compris entre 1371 et 7251 ans. Le nombre des individus âgés au Tassili n'Ajjer est très faible, par contre le nombre des individus dont l'âge est inférieur à 1000 ans est important.

#### 4- CONCLUSION

Le milieu semble avoir un impact non négligeable sur la croissance des arbres, surtout les vents. On a remarqué que les arbres les plus élancés se trouvent dans des canyons. Les arbres du Tassili sont bien adaptés aux divers milieux. Si plus de la moitié des arbres se localisent dans les lits d'oueds, il s'agit de canyons, en retrait des pistes et des zones de pâturage. La distribution actuelle de ces arbres ne serait pas attribuable aux facteurs climatiques ou édaphiques mais plutôt à leur exploitation par l'homme.

Le *Cupressus duprezian* est une espèce qui court un haut risque de disparition dans la nature dans un avenir immédiat (UICN, 2006). La conservation de cette espèce in situ est possible, à condition de limiter sérieusement l'influence humaine et anthropique. Cette espèce n'est représentée, dans son territoire naturel, que par 231 arbres vivants, avec une longévité qui peut dépasser 10.000 ans, donc la protection de quelques germinations par siècle, sera peut être suffisante pour une pérennité de l'espèce ?

Deuxième Partie :

**C**ARACTERISATION **P**HYTOCHIMIQUE ET  
**G**ENETIQUE DU **C**YPRES DU **T**ASSILI  
(*CUPRESSUS DUPREZIANA* A. CAMUS)

## Chapitre I : LES TERPENES ET L'HEREDITE DU CYPRES

### 1- GENERALITE SUR LES TERPENES

#### 1- 1- Définition

On appelle terpènes un ensemble d'hydrocarbures cycliques ou à chaîne ouverte, de formule brute  $(C_{10}H_{16})_n$  où n peut prendre les valeurs: (1) monoterpènes, (1,5) sesquiterpènes, (2) diterpènes, (3) triterpènes et (4) tétraterpènes.

Le nom de terpènes a été forgé à partir de la térébenthine, matière de base de leur obtention et de la racine « ène » pour rappeler qu'il s'agit de composés insaturés. Le terme terpénoïde (ou isoprénoïde), désigne un ensemble de substances possédant le squelette des terpènes mais pas nécessairement leur degré d'insaturation et une ou plusieurs fonctions chimiques (alcool, aldéhyde, cétone, acide, lactone...). Isolés du règne végétal, ils possèdent des propriétés aromatiques, des propriétés pharmacologiques, d'autres ont généralement des fonctions fongicides, insecticides ou attractives.

Les terpènes sont présents dans tous les tissus des Cyprès mais l'on ne connaît pratiquement rien sur la différenciation, les caractères anatomiques et structuraux du système sécréteur par lequel ils sont élaborés.

L'étude de certaines espèces comme *Citrofortunella mitis* et *Pinus pinaster* a dégagée les règles générales de la biosynthèse des terpènes (Bernard-Dagan et al., 1979, 1982a et b; Gleizes, 1979; Gleizes et al., 1980, 1983, 1984; Belingheri, 1987; Baradat et Marpeau, 1988; Walter, 1988).

#### 1- 2- Rôle des terpènes

Le rôle des substances dites "secondaires" chez les végétaux est encore très mal connu. Ces substances peuvent se trouver à l'état libre et dans ce cas elles sont le plus souvent séquestrées dans des structures closes qui les isolent de tout contact avec le cytoplasme (tannins dans les vacuoles, essences ou résines dans les systèmes sécréteurs...)

Elles peuvent aussi se trouver à l'état combiné, le plus souvent sous des formes glycosylées qui sont beaucoup moins toxiques et peuvent intervenir dans des processus

de transfert ou de détoxification (Harborne, 1977).

Les résines accumulées dans le bois de cœur interviennent dans le métabolisme générales comme les lipides (Gleizes, 1964; Bernard-Dagan, 1988c ; Croteau, 1984).

Pauly *et al.* (1981) et Douce *et al.* (1978) ont montré que les terpènes jouent un rôle dans la photosynthèse, alors que les monoterpènes jouent un rôle important dans la conservation du végétal aromatique (Esdorn, 1950 ; Francis et Allock, 1969). Dans de nombreux travaux effectués par Chararas (1969, 1971, 1974, 1976a et b, 1977), ont prouvé que la présence des composés terpéniques est indispensable pour assurer la maturation. De nombreux autres auteurs admettent aussi que les terpènes jouent un rôle prépondérant dans le mécanisme de l'élaboration des phéromones.

### **1- 3- Contrôle génétique des terpènes**

Les arbres forestiers ont plus de diversité génétique que les autres plantes et ont également plus de diversité au niveau intra population (Hamrick *et al.*, 1992). Il existe néanmoins une grande variation des paramètres de diversité et de structuration qui peut être reliée à la biologie des espèces. Les espèces à large aire de répartition ont une diversité plus grande et leurs populations sont moins différenciées que les espèces endémiques. Les espèces allogames à pollinisation entomophile ont plus de diversité que les espèces allogames à pollinisation anémophile, qui en ont elles-mêmes beaucoup plus que les espèces préférentiellement autogames. Les espèces ayant un mode de reproduction asexuée en plus de la reproduction sexuée ont plus de diversité (Hamrick *et al.*, 1992).

La forte diversité génétique s'explique par de grands effectifs de population et des flux de gènes importants qui limitent les effets de dérive.

Par ailleurs le régime de reproduction des arbres forestiers est plutôt considéré comme une variable (Mitton, 1992). Le taux d'allo-fécondation dépend de la densité du peuplement, de l'âge, de l'abondance de pollen. Au sein d'un peuplement, il y a aussi une variation des contributions maternelles et paternelles à la régénération.

En dépit de la faible différenciation des populations mesurée sur les marqueurs du génome nucléaire, les arbres forestiers expriment des adaptations génétiques locales marquées. Celles-ci sont mises en évidence dans les plantations comparatives, où

toutes les populations sont placées côte à côte dans des réseaux multi-sites de dispositifs expérimentaux.

La différenciation phénotypique apparaît généralement supérieure à la structuration moléculaire, chez le pin maritime, la différenciation moléculaire sur la base des protéines totales, des isoenzymes ou des terpènes est proche de 17%, tandis que la différenciation phénotypique atteint 38% (Kremer, 1994). Ces adaptations locales des espèces se traduisent souvent par des clines (Danusevicius, 1998).

De façon générale, les adaptations génétiques locales se développent plutôt aux limites de l'aire des espèces ou dans des zones d'environnement changeant (Gauthier, 1999). La capacité d'adaptation des populations, qui est l'objectif premier des programmes de conservation des ressources génétiques, est fortement régulée par les flux de gènes. Cette question a fait l'objet d'une synthèse bibliographique (Couvét et al., 1999). En moyenne, la distance physique de dispersion du pollen des arbres forestiers se mesure en kilomètres et la dispersion des graines en dizaines de mètres; mais ces mesures ne donnent pas d'information sur les flux de gènes efficaces (Adames, 1992).

Les terpènes et les isozymes sont les principaux marqueurs génétiques utilisés chez les arbres forestiers. La principale difficulté rencontrée en matière d'étude fine du mode de contrôle génétique des terpènes est la détermination des valeurs seuils entre génotypes. En effet, à l'inverse des isozymes pour lesquels la caractérisation d'un génotype se fait en utilisant une loi de « tout ou rien » (présence ou absence d'une bande sur un zymogramme), les terpènes suivent, en règle générale, une distribution continue.

Il s'agit donc de caractères quantitatifs. Les pourcentages d'un terpène donné présent dans les tissus ne manifesteront généralement pas de discontinuité nette entre deux populations "adjacentes". On observe par contre, en traçant l'histogramme des concentrations en ce terpène de populations polymorphes au locus concerné, la présence de trois modes plus ou moins distincts correspondant aux trois génotypes possibles à ce locus, homozygotes pour l'allèle de pauvreté, hétérozygotes et homozygotes pour l'allèle de richesse.

Toujours par comparaison aux isozymes dans le domaine desquels on peut

souvent mettre en évidence des locus multi-alléliques, en matière de terpènes, il n'est pas question de montrer l'existence de plus de deux allèles pour un locus donné, on n'accède pas au produit primaire de l'activité du gène, la chaîne polypeptidique ou la protéine, mais au dosage d'un métabolite secondaire (Baradat et Yazdani, 1998).

Il a été montré que la synthèse des différents composés monoterpéniques ou sesquiterpéniques présents dans l'essence dépendait de cyclases dont le fonctionnement était génétiquement contrôlé. Aussi, dans le Pin maritime, les synthèses du  $\beta$ -pinène, du myrcène, du 3-carène,  $\alpha$ -terpinolène, du limonène, du caryophyllène et du longifolène sont contrôlées de façon monogénique (Marpeau et al., 1975; Baradat et Yazdani, 1988; Bernard-Dagan et al., 1988c). Un contrôle de ce type a été trouvé pour le  $\beta$ -pinène et le myrcène chez *Pinus elliotii* Squillace (1971), ainsi que pour le myrcène, limonène,  $\beta$ -pinène et  $\beta$ -phéllandrène chez *Pinus taeda* (Rockwood, 1973 ; Squillace et al., 1980). Il en est de même pour le 3-carène chez *Pinus monticola* (Hanover, 1966).

Du fait de ce contrôle génétique, le profil terpénique peut être très variable d'un individu à l'autre et la fréquence des gènes dans les diverses populations induira des modifications importantes des compositions terpéniques moyennes à l'intérieur des différentes populations.

Chez le cyprès on ne connaît pas le mode de transmission des terpènes, mais les études de (Zavarin et al., 1971 a et b; Lawrence et al., 1975 et Yani et al., 1981) avaient montré qu'ils pouvaient être utilisés de façon intéressante comme marqueurs génétiques dans ce genre.

L'ensemble des données actuellement disponibles sur la variabilité géographique d'espèces résineuses pour les composés terpéniques montrent que l'on obtient la plupart du temps une très bonne discrimination. Donc, même sous-utilisé, le pouvoir séparateur des terpènes reste très bon et, en général, supérieur à celui des isozymes.

Pour ce type d'application, le véritable problème est en réalité l'insensibilité d'un génotype, à partir d'un âge critique donné, aux conditions du milieu pour la synthèse des terpènes (forte héritabilité au sens large dans une gamme

d'environnements étendue). Cette propriété, a été vérifiée à maintes reprises sur des clones installés dans des stations aux conditions climatiques très variables (Baradat et Yazdani, 1987).

#### 1- 4- Activité biologique des terpènes

Le champ d'action le plus étudié des huiles essentielles est celui ayant trait à leurs propriétés bactéricides (De Billerbeck, 2000). Les huiles essentielles, riches en terpènes, ont un rôle antifongique important (Pellecuer et *al.*, 1998 ; Nicole, 1998), comme elles peuvent avoir un rôle répulsif ou attractif vis-à-vis des insectes (Merker, 1960; Chararas, 1967a et b; Chararas et Berton, 1967; Smith, 1972; Raffa et Berryman, 1982a et b; Berryman, 1969).

#### 1- 5- Les terpènes du genre *Cupressus*

Guenther (1952) collationne les travaux effectués par Schimmel et *al.* entre 1894 et 1913 sur les hydrocarbures monoterpéniques présents dans les feuilles de *Cupressus sempervirens*. Il mentionne particulièrement la présence d' $\alpha$ -pinène, camphène, 3-carène et p-cymène. L'huile essentielle des rameaux de quelques espèces de Cyprès étudiés par Mingoia (1934), est constituée de 80 % d' $\alpha$ -pinène, de camphène et de très peu de p-cymène. L'analyse effectuée par Simonsen (1923) sur les feuilles de *Cupressus torulosa* a permis d'identifier le sabinène,  $\alpha$ -pinène, limonène et terpinolène. L'examen de l'huile essentielle de feuilles de *Cupressus lusitanica* par Sfiras (1938a et b), montre que 70% de l'huile est constituée majoritairement par l' $\alpha$ -pinène avec un peu de 3-carène, du limonène et des traces de myrcène, p-cymène, camphène,  $\delta$ -terpinène, phellandrène et sabinène. L'huile essentielle de *Cupressus macrocarpa* a fait l'objet d'une étude par Briggs et Sutherland (1942), qui ont montré la présence de 40% d' $\alpha$ -pinène, 15% de sabinène, 3% de myrcène, 4% d' $\alpha$ -phellandrène et  $\alpha$ -terpinène, 6% de  $\delta$ -terpinène et terpinolène et 12% de monoterpènes non identifiés.

Dimodica et Rossi (1955 et 1956), Enzell et Erstman (1957) ont signalé la présence de certains alcools terpéniques, dans le bois de cœur de *Cupressus sempervirens* L., tels que le carvacrol, l'éther méthylique de carvacrol et le cédrool. Ahond et *al.* (1964) citent le travail effectué par les chimistes sur 14 espèces de



*Cupressus* en prenant comme matière première le bois de cœur, l'écorce, les cônes ou les feuilles.

Les travaux de Mangoni et *al.* (1964, 1966, 1967a et b) sur les différentes parties de l'arbre de *Cupressus sempervirens* et de Balansard et *al.* (1976) sur le bois, ont permis d'isoler et de répartir les diterpènes en quatre groupes: labdane, abietane, totarol et sempervirol.

Dans une vaste étude chimiotaxinomique sur les *Cupressales* Erdtman et Norin (1966) citent 276 références sur les phénols, flavonoïdes, tropolones et terpènes constituant le bois et les rameaux. Sakratov et Belova (1968) ont identifié des composés monoterpéniques et sesquiterpéniques des huiles essentielles d'aiguilles de *Cupressus sempervirens*. L'huile essentielle de feuilles, de *Cupressus funebris*, étudiée par Motl et Paknikar (1968) a conduit à l'identification de 7 hydrocarbures monoterpéniques et 4 sesquiterpéniques, par ailleurs, ils signalent la présence de composés oxygénés monoterpéniques et d'un alcool sesquiterpénique, le cédrool. L'étude menée par Jolad et *al.* (1984) sur *Cupressus goveniana* a permis l'identification d'un nouvel alcool diterpénique: le cupresol.

L'étude menée par Zavarin et *al.* (1971a) sur la variation de la composition monoterpénique des feuilles de cinq espèces de cyprès américains a permis de les classer en trois groupes différents. La recherche des composés terpéniques, entreprise par Carman et Sutherland (1979) sur les feuilles de quatre espèces de *Cupressus*, révèle de significatives similitudes quant à leur composition.

Tabacchi et *al.* (1975 et 1978) et Garnerio et *al.* (1978) ont identifiés chez *Cupressus sempervirens* plus de 40 composés volatils, trouvés dans les feuilles et le bois.

Lawrence et *al.* (1975) ont identifié 15 hydrocarbures monoterpéniques pour chaque espèce dans les huiles essentielles des feuilles de *Cupressus sargentii* et *Cupressus macnabina*. Cette étude a permis la mise en évidence de l'hybridation naturelle de ces deux espèces. Floreani et Retamar (1982) ont déterminé les propriétés physico-chimiques des huiles essentielles, ainsi que leur composition terpénique, chez trois espèces de cyprès *Cupressus sempervirens*, *C. lusitanica* et *C. macrocarpa*. Malheureusement, le mode d'obtention de ces essences et les artefacts qu'il entraîne

n'ont pas permis d'attribuer une signification chimiotaxinomique à ces trois composés.

#### 1- 5- 1- Les terpènes du *Cupressus dupreziana*

Les précédentes études sur *Cupressus dupreziana* s'étaient limitées, presque exclusivement, à l'isolement et l'identification des substances terpéniques et lipidiques présentes dans le bois et dans les feuilles. L'accent a été mis plus particulièrement sur l'étude des terpènes. Dans le cadre d'une étude des constituants de *C. dupreziana*, des substances terpéniques et lipidiques ont été mises en évidence par Piovetti et Diara (1977). Ces premiers résultats sont complétés par l'analyse des tropolones et comparés avec ceux du *C. sempervirens* espèce voisine biologiquement du *C. dupreziana*. Piovetti and *al.* (1980a) font une comparaison du *C. dupreziana* avec *C. sempervirens* en se basant sur 8 diterpènes isolés à partir du bois des deux espèces. Dans une étude sur le bois du *C. dupreziana*, Piovetti and *al.* (1980b) identifient 11 produits mono et sesquiterpéniques.

L'extrait par le phénol de carbone des feuilles et du bois de *C. dupreziana* et *C. sempervirens* a donné plusieurs acide gras n-alkanes, la seule différence qui existe entre ces deux espèces est la présence d'un alcool secondaire C<sub>29</sub>, 10-ol dans *C. dupreziana* et un dialcool C<sub>29</sub>-5, 10-diol dans *C. sempervirens* (Piovetti, 1981).

L'analyse des feuilles du *C. dupreziana* et du bois de *C. sempervirens* a permis à Piovetti and *al.* (1981a) la comparaison des deux espèces sur la base de 13 monoterpènes et 13 sesquiterpènes identifiés.

Les travaux entrepris par Piovetti et *al.* (1981b) sur l'huile essentielle du bois de cœur de *C. dupreziana* révèlent la présence de 26 composés monoterpéniques et sesquiterpéniques, l'éther méthylique de carvacrol et le cédrol en sont les composés majoritaires. Par ailleurs, l'extrait étheropétrolique s'avère riche en composés sesquiterpéniques et diterpéniques et montre une grande similitude en constituants diterpéniques du bois de cœur de *C. dupreziana* et *C. sempervirens*.

L'étude des tropolones chez le cyprès de Tassili montre la présence de nootkatine constituant principale,  $\beta$ -thujaplicine constituant secondaire,  $\gamma$ -thujaplicine et l'hydronootkatinol en trace (Piovetti et Diara, 1982). Pauly et *al.* (1983), ont fait la comparaison de deux individus du *Cupressus dupreziana* (jardin botanique d'Alger) et

de dix individus de *C. sempervirens* (arboretum de Bainem Alger), sur la base de 12 monoterpènes et 9 sesquiterpènes identifiés.

Par une approche chimiotaxonomique Abed, (1982) souligne l'absence du  $\beta$ -pinène et de l' $\alpha$ -thujène chez *C. dupreziana* et rapproche *C. dupreziana* de *C. sempervirens*. Par contre Changrinha et al., (1997) identifient l' $\alpha$ -pinène, le 3-carène et limonène comme produit majoritaire chez *C. dupreziana*.

L'ensemble de ces travaux a ainsi porté soit sur les feuilles soit sur le bois sans précision des dates de prélèvement, ni de l'âge des individus. La plupart de ces recherches ont utilisées très peu d'individus des jardins botaniques pour en faire une généralisation sur l'espèce.

## **2- METHODES D'ETUDE**

### **2- 1- Méthode d'échantillonnage**

La partie aérienne (feuilles) de *Cupressus dupreziana* de 184 individus est collectée dans la région du Tassili n'Ajjer (Sahara Central Algérie). Les rameaux sont mondés puis séchés à l'ombre dans une chambre aérée à une température ambiante.

### **2- 2- Choix et localisation des individus**

Notre étude est plus exhaustive au niveau du cyprès du Tassili. Eclairés par des guides Touaregs, la zone où se cantonnent les cyprès et en particulier les oueds à cyprès, on été visitées. Tous les cyprès rencontrés ont été échantillonnés.

Pour l'analyse biochimique des échantillons, quelques petits rameaux par individu de chaque population, sont coupés en petit morceaux de 2 à 3mm. Ces préparations sont émergées dans 1,5ml de n-pentane (ce solvant permet d'obtenir un extrait brut renfermant de nombreux composés dont les hydrocarbures terpéniques) pendant 24 heures, à une température de 4°C. Avant d'être injectés, les terpènes libérés sont recueillis dans des flacons de 2ml (spéciale C.G.). Ces solutions peuvent être analysées immédiatement ou bien stockées au congélateur.

### **2- 3- Méthode d'analyses des huiles essentielles**

Les terpènes sont analysés par chromatographie en phase gazeuse. Dans la chromatographie en phase gazeuse la colonne constitue la partie la plus importante où se produit la séparation des constituants. La colonne est alimentée d'un gaz vecteur (Hélium) qui joue le rôle de solvant. L'introduction du mélange à séparer se fait en tête de colonne; à la sortie de la colonne sont placés les éléments nécessaires à l'analyse (détecteur, débitmètre et enregistreur, donnant directement le chromatogramme).

Les analyses GC/MS ont été réalisées à l'aide d'un chromatogramme Hewlett Packard modèle 5890 associé à un spectromètre de masse Hewlett Packard (modèle 5890 A), équipé d'une bibliothèque Wiley Software 275. L'appareillage utilisé présente les caractéristiques suivantes:

Appareil d'analyse: CG (Chromatographe en phase gazeuse).

Volume d'échantillon: 1,5 microlitre

Type de colonne: capillaires (SE et CBX)

Mode d'injection: L'injection dans le chromatographe d'un volume de 1,5 microlitre de l'échantillon, en tête de la colonne, est automatique, elle se fait par un mouvement rapide est continu.

Information sur la température:

Température de la colonne : La programmation de la température de départ de la colonne est de 55°C, elle reste constante pendant 5 minutes. Pour arriver à la température de 210°C on opère à une augmentation de 6°C par minute et enfin on maintient la température à 210°C pendant 4 minutes.

Température de l'injecteur : 200°C

Température du détecteur : 220°C

Informations sur les colonnes :

#### Colonne 1

Identité de la colonne : Cat N° 19647, Série N° 1058-08

Matériaux : Silice

Longueur: 30 m

Diamètre interne : 0,25 mm

Epaisseur de film : 0,25 micron

Phase stationnaire solide : HP-5 Ultra-2, 5% diphenyl et 95% dimethyl polysiloxane.

Type de gaz employés pour la colonne :

Gaz vecteur : Hélium

Pression de débit : 1,375 kg/ml

Rapport de division: 70ml/mn

Gaz d'appoint : Hélium

Débit de fuite : 45 ml/mn

Observation : l'injecteur capillaire sans division 42 s.

#### Colonne 2

Identité de la colonne : Cat N° 19655, Série N° 1061-01

Matériaux : Silice

Longueur : 30 m

Diamètre interne: 0,25 mm

Epaisseur de film: 0,25 mm

Phase stationnaire solide: HP-20M, Polyéthylène glycol

Type de gaz employés pour la colonne

Gaz vecteur : Hélium

Pression de débit: 1,375 kg/ml

Rapport de division : 70 ml/mn

Gaz d'appoint : Hélium

Débit de fuite: 45 ml/mn

Observation : l'injecteur capillaire sans division 42 s.

Les composés sont identifiés en outre, par comparaison des temps de retentions relatifs du GC et les spectres de masses avec ceux des substances authentiques analysées sous les mêmes conditions ainsi que par comparaison de leurs indices de Kovats (KI) avec ceux des composants de références (Sandra et Bicchi 1987 ; Adams 1995 ; Stenhagen et *al.* 1974 ; Davies 1990 ; Masada, 1976).

Les résultats de l'analyse, les produits du métabolisme secondaire (composants mono et sesquiterpéniques des populations du *Cupressus dupreziana*), sont traités par les techniques numériques d'analyse des données (l'ANOVA, l'Analyse en Composantes principales (A.C.P.) et l'UPGMA).

## **2- 4- Techniques numériques d'analyse des données**

### **2- 4- 1- ANOVA**

L'analyse de la variance (terme souvent abrégé par le terme anglais ANOVA: ANalysis Of VAriance) est une technique statistique permettant de comparer les moyennes de plus de deux populations. Il s'agit aussi de l'équivalent, pour des variables qualitatives, de la régression linéaire. L'ANOVA n'est pas une méthode qui permet d'étudier les différences de variances entre populations, mais une méthode pour étudier les différences de moyenne entre populations. Cette méthode, doit son nom au fait qu'elle utilise des mesures de variance afin de déterminer le caractère significatif, ou non, des différences de moyenne mesurées sur les populations.

#### 2- 4- 2- **Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)**

C'est une méthode statistique d'analyse des données (initialement de statistique descriptive) qui consiste à rechercher les directions de l'espace qui représentent le mieux les corrélations entre les variables aléatoires. Donc le but est de comprendre et de visualiser comment les effets de phénomènes a priori isolés se combinent. Lorsqu'on veut compresser un ensemble de n variables aléatoires, les n premiers axes de l'ACP est un meilleur choix, du point de vue de l'inertie expliquée. Si on décide de ne retenir que les deux premiers axes de l'ACP, on pourra alors projeter notre nuage sur un plan, et le visualiser. Même si l'ACP est majoritairement utilisée pour visualiser des données, il ne faut pas oublier que c'est aussi un moyen de décorréler les données, les axes qui ne sont pas utilisés c'est de l'information perdue.

#### 2- 4- 3- **Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean (UPGMA)**

L'UPGMA est le nom d'un algorithme destiné à la construction d'un arbre phylogénétique. Cette méthode permet la transformation d'une matrice de distances (entre différents organismes, populations) en un arbre enraciné. C'est la méthode la plus simple de construction d'arbre. A l'origine elle a été développée pour construire les phénograms taxonomiques (arbres qui reflètent les similitudes phénotypiques entre unités taxonomiques), mais elle est employée aussi pour construire les arbres phylogénétiques.

### 3- RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3- 1- Composition en huiles essentielles du *Cupressus dupreziana*

L'extraction des huiles essentielles des parties aériennes du *C. dupreziana* a donnée un rendement moyen de 0,29%. L'analyse de ces huiles essentielles par Chromatographie en phase gazeuse (GC) et par GC couplée au spectromètre de masse (GC/SM) a permis l'identification de 38 composants terpéniques (Annexe 3). Les hydrocarbures monoterpéniques constituent la majorité de l'essence des feuilles de *C. dupreziana* (61,9%), alors que les sesquiterpènes ne représentent que 38,1%.

Dans cette essence très riche en monoterpènes, l' $\alpha$ -pinène (25,5%) et le  $\Delta^3$ -carène (16,6%) sont les composants majoritaires à côté du myrcène, limonène et le terpinolène. Les 15 autres composants monoterpéniques identifiés dans l'huile ne représentent qu'une partie infime et généralement sous forme de traces (figure 23).

Les sesquiterpènes sont représentés majoritairement par le germacrène-D (18,4%) suivi du  $\delta$ -cadinène (2,5%), caryophyllène (2,2%), l' $\alpha$ -humulène,  $\gamma$ -muurolène,  $\delta$ -amorphène, 4 $\alpha$ -hydroxy germacradiène. Les 10 autres composants identifiés ont un pourcentage très faible (<1%) (Figure 24).

Le cyprès de Tassili est très riche en  $\alpha$ -pinène, germacrène-D et en  $\Delta^3$ -carène. Ces trois composants terpéniques constituent à eux seuls 75,34% du total des mono et sesquiterpènes et présentent des variations interpopulations importantes (Figure 25).

La composition quantitative et même qualitative de l'huile essentielle des populations natives du Tassili n'Ajjer et celle de Djanet, formée d'individus plantés dans les jardins de Djanet, différent considérablement. La population de Djanet est plus riche en  $\alpha$ -pinène (42,9%) et moins riche en germacrène-D (15,7%). On remarque aussi la présence du terpinol acétate (2,9%) et du cédrol (3,3%) dans la population de Djanet.

Le coefficient de variabilité (CV), indique que tous les composants terpéniques du Tassili n'Ajjer présentent une grande variation intra population, sauf pour l' $\alpha$ -pinène qui présente une certaine stabilité dans la population de Djanet (tableau 7).



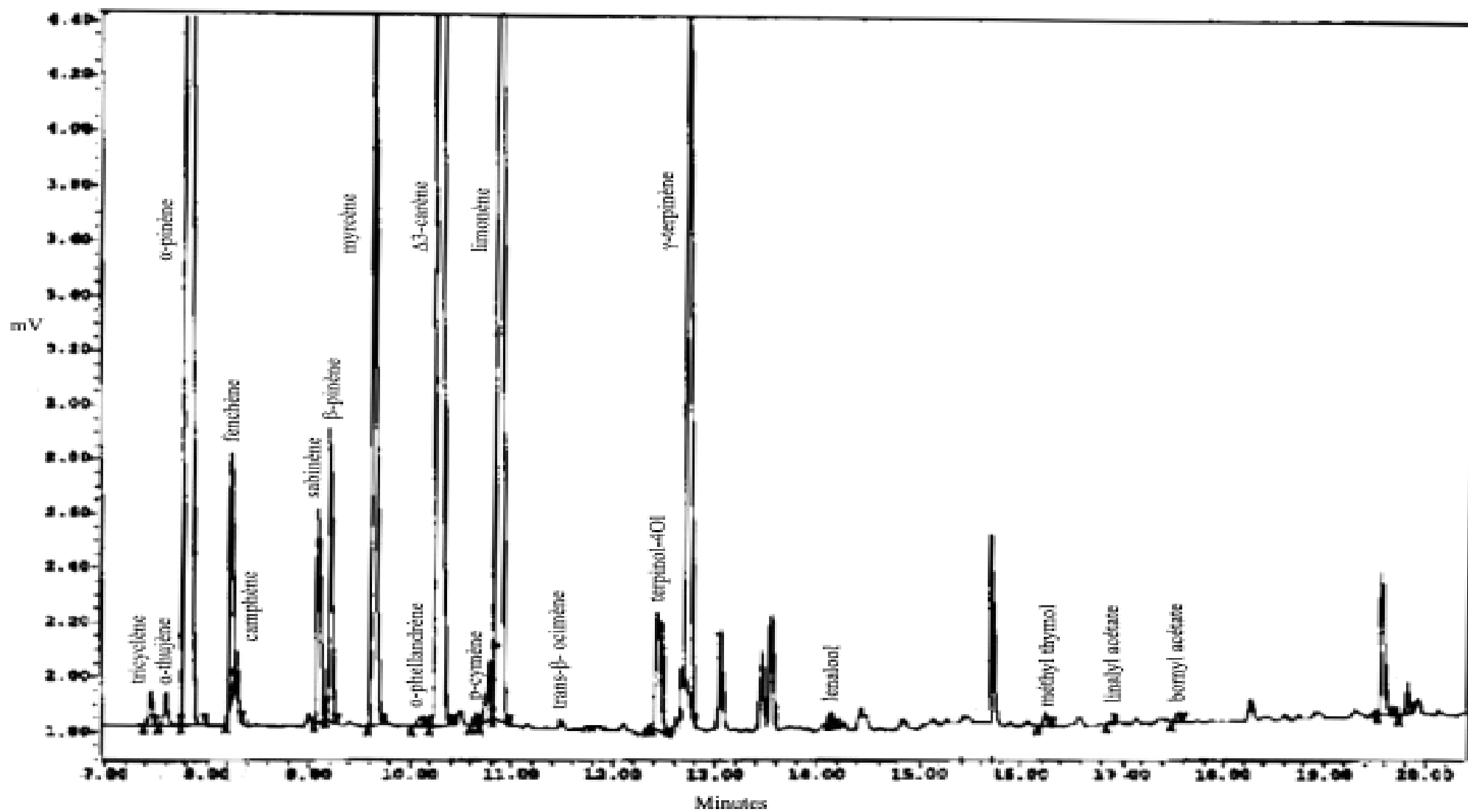


Figure 23 : Profil monoterpénique du *Cupressus dupreziana*

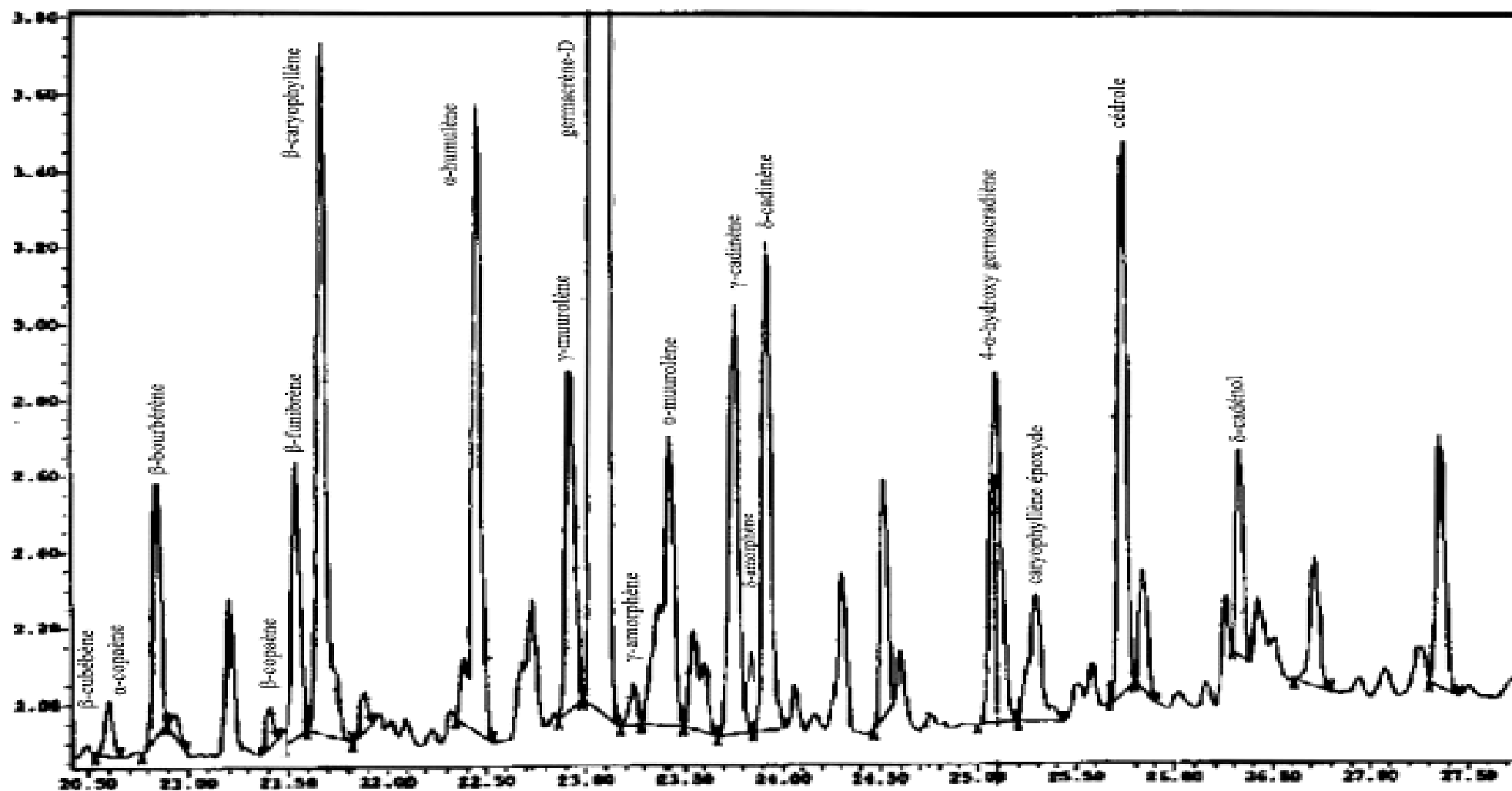


Figure 24 : Profil sesquiterpénique du *Cupressus dupreziana*

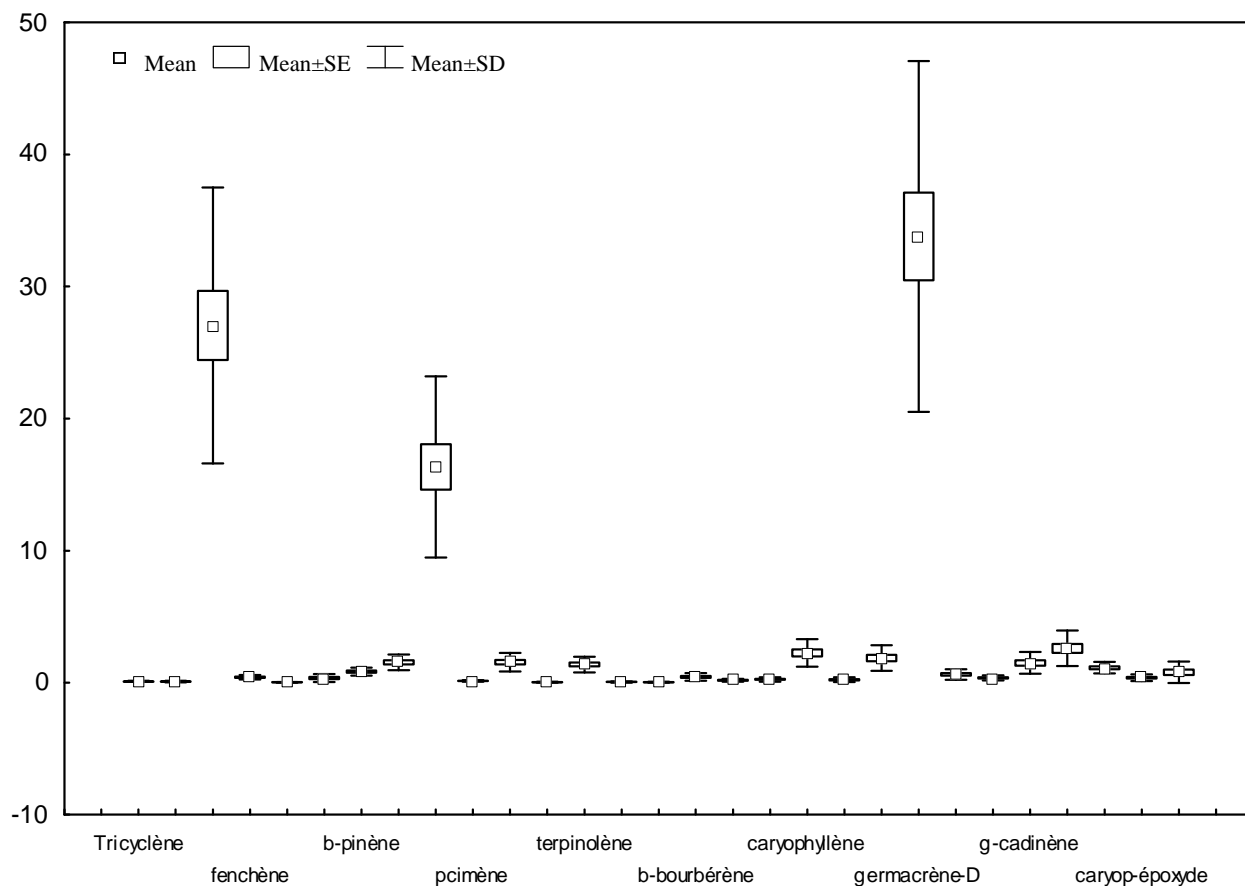


Figure 25 : Variation de la concentration des terpènes chez *Cupressus dupreziana*

### 3- 2- Analyse de la variance

Les individus du *C. dupreziana* du Tassili n'Ajjer montrent très peu de différences de concentrations totales en monoterpènes et sesquiterpènes.

Pour comparer les profils en composés terpéniques au sein des populations, nous avons considéré chaque terpène comme une variable quantitative à expliquer et nous avons réalisé une analyse de la variance (ANOVA). Cette analyse a mis en évidence des différences significatives entre les populations du cyprès, trois groupes de composants terpéniques sont identifiés :

Tableau 7 : Moyennes des terpènes des populations du  
*Cupressus dupreziana* du Tassili et de Djanet

Composants	Populations					
	Tassili n'Ajjer			Djanet		
	Moy	SD	CV	Moy	SD	CV
tricyclène	0,1	0,1	60,3	0,2	0,0	26,5
$\alpha$ -thujène	0,1	0,0	64,0	0,3	0,4	146,1
$\alpha$ -pinène	25,5	13,9	54,4	<b>42,9</b>	<b>8,4</b>	<b>19,5</b>
fenchène	0,4	0,3	73,7	0,4	0,4	88,8
camphène	0,0	0,0	104,4	0,1	0,0	51,3
Sabinène	0,3	0,2	62,2	1,4	2,0	148,4
$\beta$ -pinène	0,8	0,5	55,9	1,1	0,3	26,1
myrcène	1,5	0,8	55,1	2,4	0,6	23,6
$\alpha$ -phellandrène	0,0	0,0	107,9	0,0	0,0	36,9
$\Delta^3$ -carène	16,6	11,1	67,2	13,7	12,6	91,7
p-cimène	0,1	0,1	71,3	0,2	0,1	78,3
limonène	1,6	1,2	72,2	2,2	0,7	33,2
Trans- $\beta$ -ocimène	0,0	0,0	109,6	0,1	0,1	112,5
$\gamma$ -terpinène	0,1	0,1	147,3	0,1	0,1	50,6
terpinène-4-ol	0,2	0,2	122,6	0,3	0,6	190,4
terpinolène	1,4	1,0	67,9	1,4	0,7	50,3
linalool	0,0	0,1	166,6	0,1	0,1	95,8
méthyl thymol	0,1	0,1	211,9	0,0	0,0	89,5
linalyl acétate	0,0	0,1	142,5	0,2	0,2	101,4
bornyl acétate	0,0	0,0	119,2	0,1	0,0	37,4
$\beta$ -cubébène	0,2	0,1	89,6	0,1	0,1	82,1
$\alpha$ -copaène	0,2	0,2	82,4	0,4	0,6	136,4
$\beta$ -bourbère	0,5	0,4	91,6	0,6	0,4	67,9
$\beta$ -copaène	0,2	0,2	110,4	0,0	0,1	123,6
$\beta$ -funébrène	0,3	0,4	135,0	0,3	0,4	126,7
$\beta$ -caryophyllène	2,2	1,3	60,6	0,9	0,2	18,0
$\alpha$ -humulène	1,8	1,2	65,7	0,7	0,2	35,7
$\gamma$ -muurolène	1,6	1,5	92,9	0,8	0,3	37,0
germacrène-d	33,4	18,4	55,1	<b>15,7</b>	3,7	23,2
$\gamma$ -amorphène	0,3	0,3	101,9	0,2	0,1	46,6
$\alpha$ -muurolène	0,6	0,5	79,9	0,4	0,1	33,3
$\gamma$ -cadénène	1,5	1,3	88,4	0,9	0,3	39,6
$\delta$ -amorphène	0,3	0,3	86,0	0,2	0,1	45,5
$\delta$ -cadénène	2,5	2,1	86,4	1,3	0,6	44,1
4- $\alpha$ -hydroxy-germacradiène	1,2	0,8	69,5	0,5	0,4	85,8
caryophyllène époxyde	0,4	0,5	112,9	0,3	0,3	113,7
cédrol	0,7	0,9	128,7	<b>3,3</b>	2,9	87,7
$\delta$ -cadénol	0,6	1,0	169,2	0,4	0,2	40,2

Moy = moyenne, SD = Standard diviation et CV = Coefficient de variabilité

- le premier groupe est formé par les terpènes ( $\alpha$ -phéllandrène,  $\gamma$ -terpinène, linalool, terpinène-4ol, méthyl thymol,  $\alpha$ -copaène,  $\gamma$ -muurolène,  $\delta$ -cadinol et le  $\gamma$ -amorphène), ces terpènes n'ont pas d'effet significatif et ne discriminent aucune populations du *C. dupreziana* (tableau 8).

Tableau 8 : Les composants terpéniques non discriminatifs

	Sources	df	SS	MS	F	Prob > F	
$\alpha$ -phellandrène	groupe	32	0.010	0.001	0.932	0.577	
	Error	155	0.050	0.001			NS
	Total	187	0.090				
$\gamma$ -terpinène	groupe	32	0.110	0.0034	1.610	0.0299	
	Error	155	0.329	0.0021			NS
	Total	187	0.439				
Linalool	groupe	32	68.737	2.148	3.477	$1.23 \times 10^{-12}$	
	Error	155	95.769	0.618			NS
	Total	187	164.506				
terpinène-4ol	groupe	32	0.078	0.002	0.686	0.895	
	Error	155	0.547	0.004			NS
	Total	187	0.625				
Methyl thymol	groupe	32	1.907	0.060	1.416	0.0853	
	Error	155	6.523	0.042			NS
	Total	187	8.430				
$\alpha$ -copaène	groupe	32	68.343	2.136	7.45	0	
	Error	155	44.456	0.287			NS
	Total	187	112.800				
$\gamma$ -muurolène	groupe	32	109.97	3.437	1.926	0.005	
	Error	155	276.59	1.784			NS
	Total	187	386.559				
$\gamma$ -amorphène	groupe	32	5.817	0.18164	1.800	0.01	
	Error	155	15.639	0.101			NS
	Total	187	21.45				
$\delta$ -cadinol	groupe	32	41.961	1.31	1.394	0.095	
	Error	155	145.85	0.94			NS
	Total	187	187.81				

- le second groupe, formé par les composants terpéniques ( $\alpha$ -thujène, camphène, sabinène, trans- $\beta$ -ocimène, linalyl acétate, terpinène acétate et cédrole), permet la séparation de la population de Djanet, formée d'individus plantés dans les jardins de Djanet, des populations natives du Tassili n'Ajjer (tableau 9).

Tableau 9: Séparation de la population de Djanet de celles du Tassili n'Ajjer au seuil ( $p = 0,05$ ).

	Sources	df	SS	MS	F	Prob > F	Djanet différente de
$\alpha$ -thujène	Groupe	32	0.475	0.015	1.58	0.0361	Tamrit, Tinharwida, Amazar,
	Error	155	1.456	0.009			Ingharouhane, Tinabou,
	Total	187	1.931				Tifetest
camphène	Groupe	32	0.054	0.002	1.96	0.0037	Tinabou, Amazar, Tifetest,
	Error	155	0.134	0.001			Tassendjout
	Total	187	0.188				
sabinène	Groupe	32	12.354	0.386	1.68	0.021	Ineledje, Tassendjoute,
	Error	155	35.738	0.231			Tamrit, Amazar, Tinharwida,
	Total	187	48.092				Ingharouhane, Tinabou,
Trans- $\beta$ -ocimène	Groupe	32	126.797	3.963	4.99	$5 \times 10^{-12}$	Tifetest
	Error	155	123.221	0.795			Amazar, Tinabou, Tifetest
	Total	187	250.017				
linalyl acétate	Groupe	32	0.445	0.014	1.34	0.1257	Ineledje, Tassendjoute,
	Error	155	1.612	0.010			Tamrit, Tin harwida, Amazar,
	Total	187	2.057				Tinabou, Tifetest
Terpinène acétate	Groupe	32	1.616	0.051	2,31	0,0004	toutes les populations
	Error	155	3.396	0.022			
	Total	187	5.012				
Cédrole	Groupe	32	136.858	4.28	5,27	$7,9 \times 10^{-13}$	toutes les populations
	Error	155	125.691	0.81			
	Total	187	262.549				

- le troisième groupe sépare surtout la population de Tinabou de l'ensemble des autres populations du cyprès (tableau 10).

Tableau 10: Les terpènes séparent les différentes paires de populations du *C. dupreziana* au seuil  $p = 0,05$

	SS	MS	F	Prob>F	Les paires de populations différentes	
tricyclène	0,226	0.007	3,082	$1,89 \times 10^{-6}$	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Tinharwida, Ingharouhane, Djanet
	0,354	0.002				
	0,580					
$\alpha$ -pinène	18575.3	580.48	4.465	$1.51 \times 10^{-10}$	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Djanet, Amazar, Tinharwida, Tichwinet, Ingharouhane,
	20149.5	129.99				
	38724.7					
$\alpha$ -fenchène	6.209	0.194	2.553	$7.28 \times 10^{-5}$	Tinabou	Tidedje, Tamrit
	11.781	0.076				
	17.989					
$\beta$ -pinène	16.097	0.503	3.417	$1.86 \times 10^{-7}$	Tinabou	Ineledje, Tasendjoute, Tidedje, Djanet, Tamrit, Tin harwida, Amazar, Ingharouhane
	22.815	0.147				
	38.911					
myrcène	59.156	1.849	4.097	$1.775 \times 10^{-9}$	Tinabou	Ineledje, Tasendjoute, Tidedje, Djanet, Tamrit, Tin harwida, Amazar, Ingharouhane
	69.936	0.451				
	129.093					
$\Delta$ 3-carène	8784.8	274.530	2.860	$8.836 \times 10^{-6}$	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Tidedje, Tinharwida
	14881	96.006				
	23666					

Tableau 10: Suite

	SS	MS	F	Prob>F	Les paires différentes de populations	
p-cymène	0.628	0.020	2.610	4.985 x10 <sup>-5</sup>	Tinabou	Tamrit
	1.167	0.008			Tidedje	Amazar, Tinabou, Tifetest
	1.796					
limonène	126.797	3.962	4.984	5.065 x10 <sup>-12</sup>	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute
	123.221	0.795				
	250.017					
Terpinolène	0.127	0.004	0.750	0.829	Tinabou	Ineledje, Tassendjout, Tidedje, Tamrit
	0.819	0.005			Tidedje	Ingharouhane
	0.946					
β-bourbonène	2.300	0.072	1.695	0.0186	Tidedje	Toutes les populations
	6.574	0.042			Tamrit	Tinabou, Tifetest
	8.874					
β-Cubébène	1.52	0.048	2.971	4.09 x10 <sup>-6</sup>	Tinabou	Tidedje, Tifetest, Tamrit, Tinharwida
	2.48	0.016				
	3.996					
β-funibrène	14.712	0.460	6.643	2.22 x10 <sup>-16</sup>	Tinabou	Tidedje, Amazar
	0.728	0.069				
	25.44					
β-caryophyllène	157.19	4.910	4.26	5.78 x10 <sup>-10</sup>	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Tidedje, Djanet, Tinharwida, Amaza Ingharouhane
	178.57	1.150			Tifetest	Tidedje, Djanet
	335.75					
β-copaiène	5.421	0.169	4.66	4.09 x10 <sup>-11</sup>	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Tidedje, Djanet, Tinharwida, Amazar, Ingharouhane
	5.631	0.036				
	11.05					
α-humulène	143.7	4.492	5.69	5.94 x10 <sup>-14</sup>	Tidedje	Ingharouhane, Amazar, Tinabou, Tifetest
	122.4	0.790			Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Tidedje, Djanet, Tinharwida, Amazar, Ingharouhane Tichwinet
	266.13					
Germacrène D	24087	752.72	2.99	3.66 x10 <sup>-6</sup>	Tinabou	Ineledje, Tidedje, Djanet, Tamrit, Tinharwida, Amazar
	39063	252.02				
	6315					
α-muuroène	22.9	0.718	4.75	2.38 x10 <sup>-11</sup>	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Djanet Tidedje, Tinharwida
	23.46	0.151			Tifetest	Ineledje, Tassendjoute
	46.44					
δ-amorphène	8.035	0.251	6.27	1.67 x10 <sup>-15</sup>	Tinabou	Djanet, Tamrit, Tinharwida, Ineledje Amazar
	6.204	0.040				
	14.24					
γ-cadinene	102.79	3.210	2.40	0.00021	Tinabou	Djanet, Tamrit, Tinharwida
	207.26	1.340				
	309.82					
δ-cadinen	266.86	8.340	2.32	0.00034	Tinabou	Djanet, Tamrit
	556.25	3.590				
	823.12					
Caryophyllène	17.165	0.536	3.78	1.59 x10 <sup>-8</sup>	Tinabou	Ineledje, Tassendjoute, Tamrit Amazar, Djanet
	22.027	0.142				
	39.19					

### 3- 3- Analyse en Composantes principales (ACP)

Dans l'ACP nous n'avons pris en compte les variables, issues de l'ANOVA, qui discriminent nos populations et les populations à effectif supérieur ou égale à 5 individus.

#### 3- 3- 1- Etude des variables

##### a- Matrice des corrélations

L'examen de la matrice fait apparaître des coefficients de corrélation élevés ; 72,97% des variables sont significativement corrélées (tableau 11).

Les valeurs propres représentant la variance des composants terpéniques sur les axes sont élevées, 18,84 pour le premier axe, 4,56 pour l'axe 2 et 2,42 pour l'axe trois, donnant ainsi une bonne contribution à la variance totale. L'ensemble de l'information expliquée par les trois premiers axes issus de l'ACP est de 89,06%.

##### b- Cercle des corrélations

La représentation du plan formé par les deux premiers axes principaux plan (1/2) (figure 26) montre que l'ensemble des composants terpéniques contribue fortement à la formation de l'axe 1. La partie positive est expliquée par les variables (cububène,  $\beta$ -funibrène, caryophyllène,  $\beta$ -copaène,  $\alpha$ -humulène, germacrène-D,  $\alpha$ -muurolène,  $\gamma$ -cadinène,  $\delta$ -cadinène, 4 $\alpha$ -hydroxy-germacradiène et le caryophyllène époxyde), par contre sa partie négative est expliquée par les composants : tricyclène, thujène,  $\alpha$ -pinène, fenchène, camphène, sabinène,  $\beta$ -pinène, myrcène,  $\Delta$ 3-carène, p-cymène, trans- $\beta$ -ocimène, terpinolène et le bornyl acétate. Le composant  $\delta$ -amorphenène explique la partie positive de l'axe 2, alors que sa partie négative est expliquée par le linalyl acétate et le cédrol.



Tableau 11 : Matrice de corrélation des composants terpéniques des populations de *Cupressus dupreziana*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
1 tricyclène	1,0																													
2 thujène	<b>0,7</b>	1,0																												
3 $\alpha$ -pinène	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	1,0																											
4 fenchène	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	1,0																										
5 camphène	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	1,0																									
6 sabinène	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	1,0																								
7 $\beta$ -pinène	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	1,0																							
8 myrcène	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	1,0																						
9 $\Delta^3$ -carène	<b>0,7</b>	0,3	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	0,3	0,3	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	1,0																					
10 p-cimène	<b>0,7</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0																				
11 limonène	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	1,0																			
12 trans- $\beta$ -ocimène	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	1,0																		
13 terpinolène	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,5</b>	1,0																	
14 linalyl acétate	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	0,2	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,3</b>	<b>0,5</b>	0,1	0,2	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	0,1	1,0																
15 bornyl acétate	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	1,0															
16 $\beta$ -bourbérène	0,3	0,1	0,3	0,2	0,0	0,2	0,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	<b>0,4</b>	0,2	1,0														
17 cububène	<b>-0,9</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,7</b>	0,1	1,0													
18 $\beta$ -funibrène	<b>-0,6</b>	-0,1	<b>-0,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	-0,2	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	-0,2	<b>-0,6</b>	0,2	-0,2	0,3	<b>0,6</b>	1,0												
19 caryophyllène	<b>-1,0</b>	<b>-0,7</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-1,0</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	0,1	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	1,0											
20 $\beta$ -copaène	<b>-0,9</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,7</b>	0,3	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	1,0										
21 $\alpha$ -humulène	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	-0,1	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	1,0									
22 germacrène-D	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	0,0	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0								
23 $\alpha$ -muurolène	<b>-0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,9</b>	0,0	<b>-0,6</b>	0,3	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	1,0							
24 $\delta$ -amorphène	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	-0,3	-0,3	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,1	<b>-0,4</b>	-0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	-0,2	1,0					
25 $\gamma$ -cadinène	<b>-0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	0,0	<b>-0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	0,2	1,0				
26 $\delta$ -cadinène	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	-0,1	<b>-0,6</b>	0,3	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	0,2	<b>1,0</b>	1,0				
27 4- $\alpha$ -hydroxy-germac.	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,7</b>	0,2	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	0,0	<b>0,5</b>	<b>0,6</b>	1,0			
28 caryophyllène-époxy.	<b>-0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,7</b>	0,0	<b>-0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	0,1	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	1,0
29 cédrol	0,1	<b>0,7</b>	0,1	-0,1	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	-0,1	0,1	-0,2	-0,1	0,1	<b>0,7</b>	-0,2	<b>0,8</b>	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	0,1	<b>0,5</b>	0,0	0,1	-0,1	0,1	0,2	-0,2	0,2	0,1	-0,1	0,3	1,0	

Cor > **0,38** significative ; Cor > **0,49** hautement significative

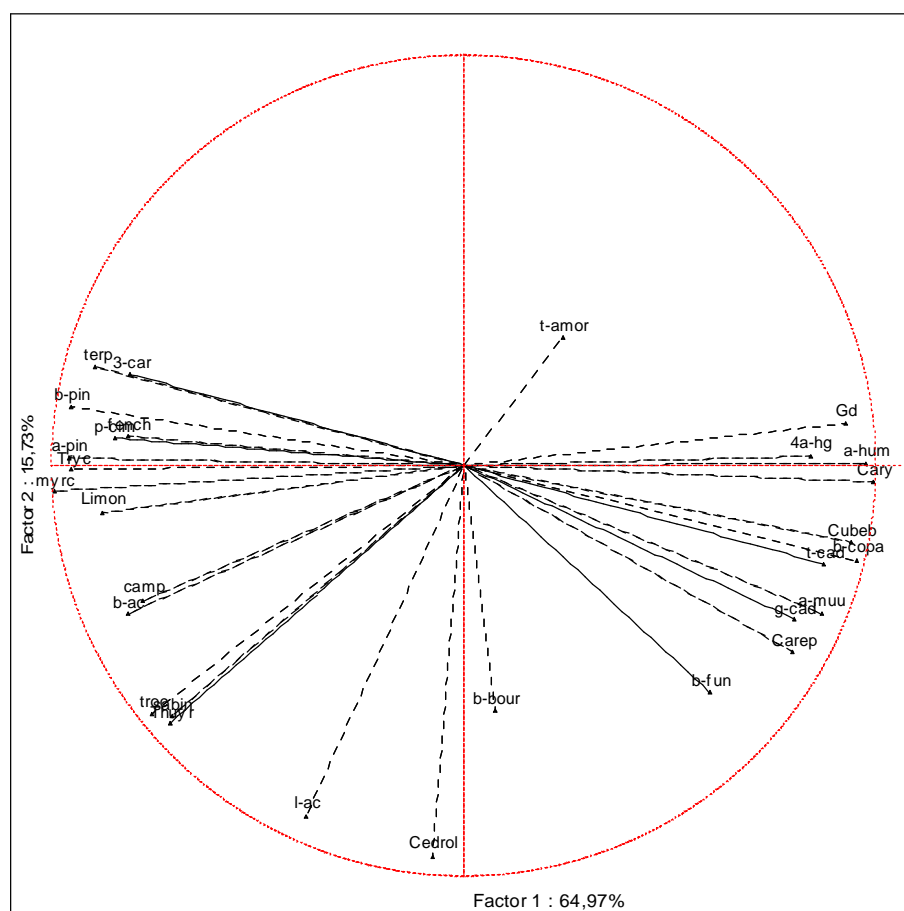


Figure 26 : Cercle des corrélations, projection des variables sur le plan (1x2), des populations du *Cupressus dupreziana*.

### 3- 3- 2- Etude des individus de population

La superposition du plan 1x2 des variables au plan 1x2 des individus (figure 27) montre que nos populations se sont scindées en deux groupes bien distinct. Le premier groupe, localisé sur la partie négative de l'axe 2, est formé par la population de Djanet, caractérisée par un taux élevé de cédrol et de linalyl acétate ainsi qu'un taux faible d' $\alpha$ -pinène. Cette population s'oppose au deuxième groupe, formé par les populations du Tassili n'Ajjer du plateau. La séparation des populations du second groupe est moins nette, mais on peut identifier sur la partie positive de l'axe 1, les populations de (Tintachkonte, Canyon, Tinabou et Tifetest) s'opposant aux populations (Ineledje, Tidedje, Tamrit et Tinhawida) qui se trouvent sur la partie négative de l'axe.

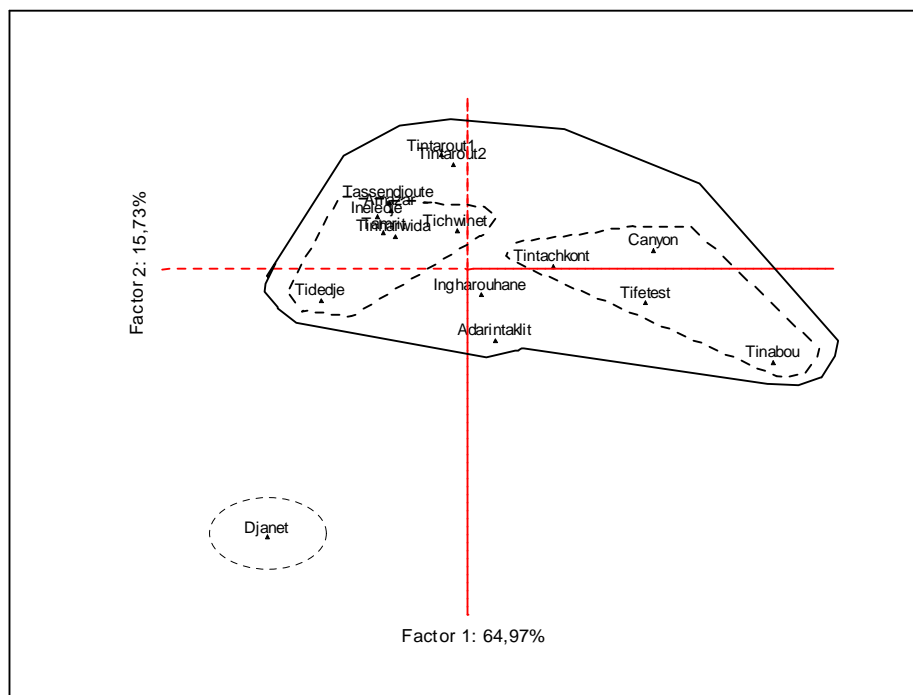


Figure 27 : Projection des populations du *Cupressus dupreziana*, sur le plan 1-2

La projection spatiale tridimensionnelle des populations basée sur les trois terpènes les plus concentrés dans le cyprès de Tassili (figure 28), montre la nette séparation de la population de Djanet du reste des populations du Tassili n’Ajjer.

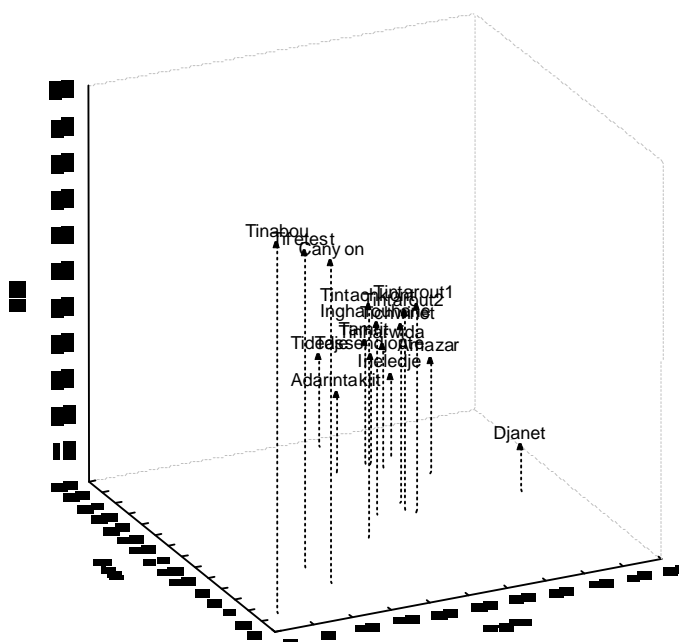


Figure 28 : Projection spatiale des populations du *Cupressus dupreziana* basée sur les trois terpènes les plus concentrés

### 3- 4- UPGMA

L'analyse des clusters UPGMA (figure 29) confirme la séparation des populations du cyprès en deux groupes bien distincts.

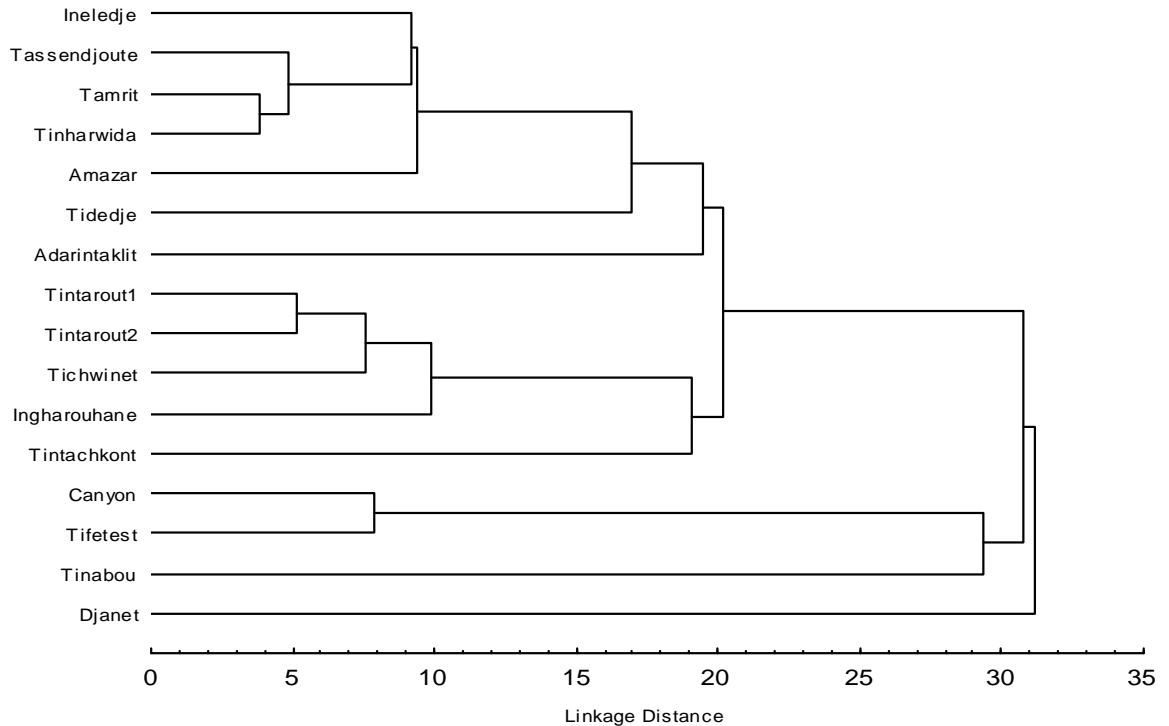


Figure 29 : UPGMA cluster des populations du *Cupressus dupreziana*

Le premier groupe est représenté par la population de Danet, le second groupe par les populations natives du Tassili n'Ajjer. Cette séparation, basée sur la distance du linkage, nous indique la présence de variabilité terpénique au sein de nos populations.

Cette séparation est surtout influencée par les conditions du milieu (le sol et la présence de l'eau). Les individus de la population de Djanet sont irrigués et le sol dans la plupart des cas est amendé, par contre les populations du plateau se retrouvent dans des conditions écologiques très difficiles.

L'observation de deux ensembles de populations, signifie que nous avons à faire à des sous ensembles hétérogènes. Notre objectif est d'étudier les interrelations entre les variables et la caractérisation des populations, la présence de ces sous ensembles peut fausser les valeurs réelles des corrélations entre les variables. Dans cette situation on doit réaliser une deuxième ACP pour mieux caractériser nos sous groupes.

### 3- 5- Interprétation de la deuxième ACP

#### 3- 5- 1- Etude des variables

##### a- Matrice des corrélations

80,34% des variables sont significativement corrélées (tableau 12). Les valeurs propres représentant la variance des composants terpéniques sur les axes sont élevées, 20,43 pour l'axe 1 et 3,98 pour l'axe 2, donnant ainsi une bonne contribution à la variance totale. L'ensemble de l'information expliquée par les trois premiers axes est de 89,64%.

##### b- Cercle des corrélations

La représentation du plan formé par les deux premiers axes principaux plan (1/2) (figure 30) montre que l'ensemble des composants terpéniques contribue fortement à la formation de l'axe 1. La partie positive est expliquée par les variables (tricyclène, thujène,  $\alpha$ -pinène, fenchène, camphène, sabinène,  $\beta$ -pinène, myrcène,  $\Delta^3$ -carène, limonène, p-cymène, trans- $\beta$ -ocimène et le terpinolène).

La partie négative de l'axe 1 est expliquée par les composants (cububène,  $\beta$ -funibrène, caryophyllène,  $\beta$ -copaène,  $\alpha$ -humulène, germacrène-D,  $\alpha$ -muurolène,  $\gamma$ -cadinène,  $\delta$ -cadinène, 4 $\alpha$ -hydroxy-germacradiène et le caryophyllène époxyde). Les composants (linalyl acétate,  $\beta$ -bourbérène et le cédrole) expliquent la partie positive de l'axe 2. Le  $\delta$ -amorphène explique la partie positive de l'axe 3.

#### 3- 5- 2- Etude des individus

La superposition du plan 1x2 des variables au plan 1x2 des individus (figure 31) montre que nos populations se sont scindées en plusieurs groupes.

Sur la partie positive de l'axe 1 on retrouve deux populations (Tamrit et Tinharwida) caractérisées par un taux élevé de (tricyclène, thujène,  $\alpha$ -pinène, fenchène, camphène, sabinène,  $\beta$ -pinène, myrcène,  $\Delta^3$ -carène, limonène, p-cymène, trans- $\beta$ -ocimène et le terpinolène), ce groupe s'oppose aux populations de (Tinabou, Tifetest et Canyon).

Tableau 12 : Matrice de corrélation des composants terpéniques des populations de *Cupressus dupreziana*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
1 tricyclène	1,0																													
2 thujène	<b>0,9</b>	1,0																												
3 $\alpha$ -pinène	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	1,0																											
4 fenchène	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	1,0																										
5 camphène	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	1,0																									
6 sabinène	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	1,0																								
7 $\beta$ -pinène	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0																							
8 myrcène	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	1,0																						
9 $\Delta^3$ -carène	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0																					
10 p-cimène	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	1,0																				
11 limonène	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	1,0																			
12 trans- $\beta$ -ocimène	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	1,0																		
13 terpinolène	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	1,0																	
14 linalyl acétate	0,1	<b>0,4</b>	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	1,0																
15 bornyl acétate	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	0,2	1,0															
16 $\beta$ -bourbérène	<b>-0,4</b>	-0,1	<b>-0,4</b>	0,2	-0,2	0,0	-0,3	-0,1	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	<b>0,5</b>	0,1	1,0														
17 cububène	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	0,0	<b>-0,7</b>	0,2	1,0													
18 $\beta$ -funibrène	<b>-0,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,6</b>	0,2	-0,3	0,3	<b>0,6</b>	1,0												
19 caryophyllène	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	-0,1	<b>-0,8</b>	0,2	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	1,0											
20 $\beta$ -copaène	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	0,1	<b>-0,6</b>	0,3	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0										
21 $\alpha$ -humulène	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	-0,2	<b>-0,8</b>	0,0	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	1,0									
22 germacrène-D	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-1,0</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	-0,3	<b>-0,8</b>	0,1	<b>0,9</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	1,0								
23 $\alpha$ -muurolène	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	0,3	<b>-0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	1,0							
24 $\delta$ -amorphène	-0,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	<b>-0,4</b>	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0						
25 $\gamma$ -cadinène	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	0,3	<b>-0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	0,1	1,0					
26 $\delta$ -cadinène	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,9</b>	0,2	<b>-0,6</b>	0,3	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	0,1	<b>1,0</b>	1,0				
27 4- $\alpha$ -hydroxy-germac.	<b>-0,8</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	-0,1	<b>-0,6</b>	0,3	<b>0,8</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	-0,1	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	1,0			
28 caryophyllène-époxyd.	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,9</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,6</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	0,3	<b>-0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,8</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	0,0	<b>0,9</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	1,0		
29 cédrol	<b>-0,7</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,7</b>	-0,2	<b>-0,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-0,7</b>	<b>-0,6</b>	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	<b>-0,5</b>	0,3	-0,2	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>	<b>0,7</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,7</b>	0,1	<b>0,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	1	

Cor > **0,38** significative ; Cor > **0,49** hautement significative

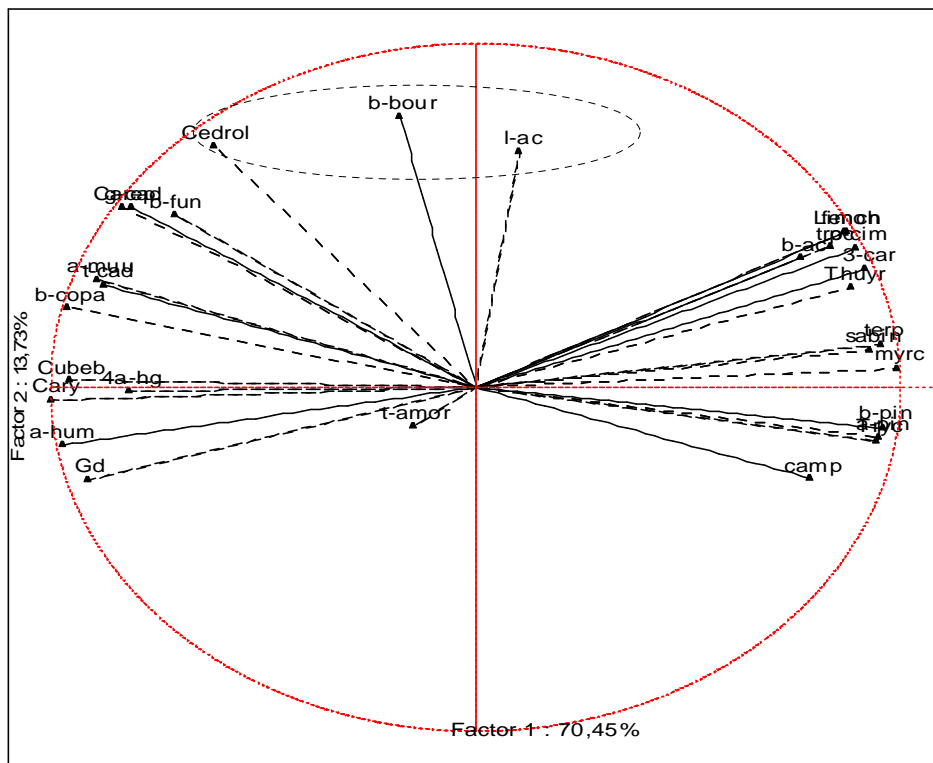


Figure 30 : Cercle des corrélations, projection des variables sur le plan (1x2).

Ce groupe de populations situé sur la partie négative de l'axe 1, est caractérisé par la richesse des composants (cububène,  $\beta$ -funibrène, caryophyllène,  $\beta$ -copaène,  $\alpha$ -humulène, germacrène-D,  $\alpha$ -muurolène,  $\gamma$ -cadinène,  $\delta$ -cadinène, 4 $\alpha$ -hydroxygermacradiène et le caryophyllène époxyde).

L'axe 2 oppose deux groupes de populations, sur le coté positive on retrouve les populations d'Adarintaklit et Tidedje qui se caractérisent par les composants (cédrole,  $\beta$ -bourbère et linalyl acétate), alors que sur le coté négatif on trouve les populations de (TinTarout 1 et 2).

La richesse en  $\delta$ -amorphène, de la population de Tassendjoute, la sépare sur l'axe 3 et l'oppose à un groupe de quatre populations (Tichwinet, Tintachkount, Amazar et Ingharouhane) (figure 32).

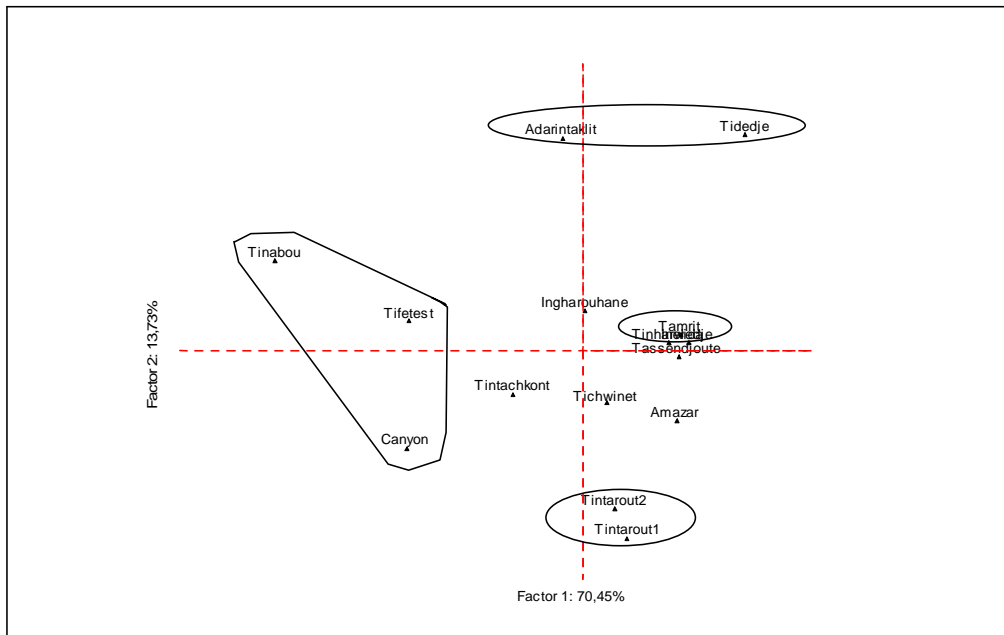


Figure 31 : Projection des populations du *Cupressus dupreziana*, sur le plan 1 / 2.

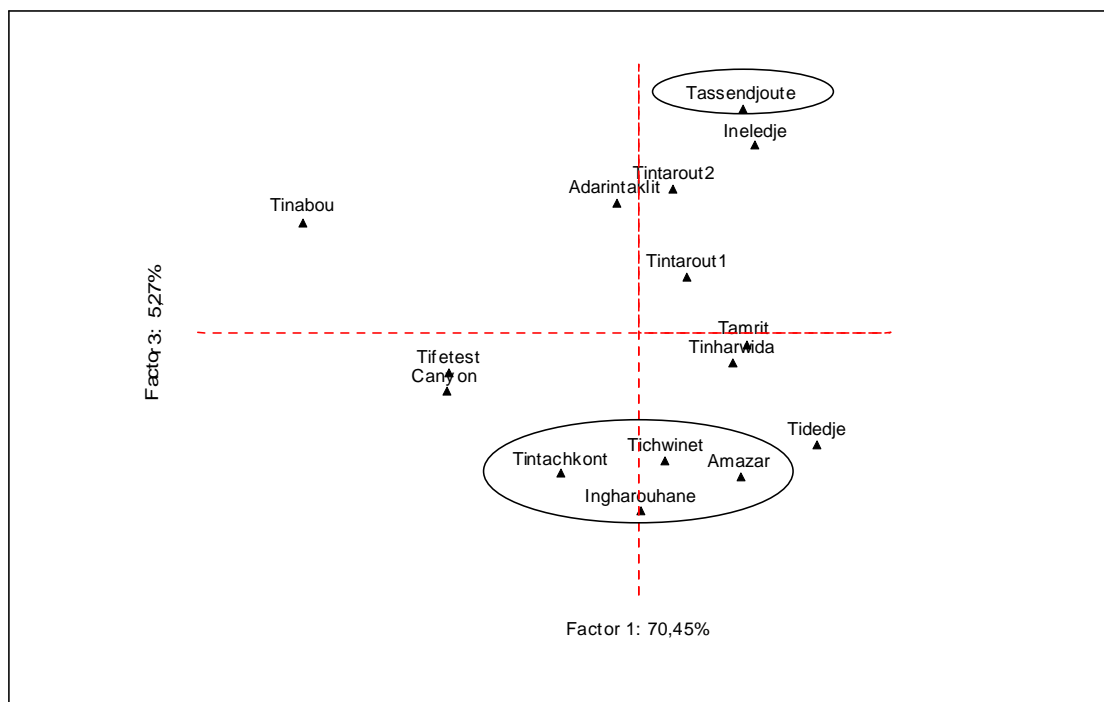


Figure 32 : Projection des populations du *Cupressus dupreziana*, sur le plan 1 / 3.

La séparation des populations du *C. dupreziana* du Tassili n'Ajjer en petits groupes, témoins d'une variabilité dans la concentration des composants terpéniques. Cette diversité terpénique ne peut que traduire une variabilité génétique au sein de cette espèce. Chaque génotype se caractérise par une courbe de réponse aux différents



environnements, on parle de plasticité phénotypique (Stearns, 1989).

La fréquence des gènes peut évoluer dans les populations par divers processus évolutifs (koski et *al.*, 1997). Les chercheurs proposent deux mécanismes pouvant conduire à des changements des fréquences des gènes dans les populations ; la forte pression de l'environnement et les flux de pollen issus des provenances autochtones (Mitton, 1992).

La forte diversité génétique s'explique généralement par de grands effectifs de population et des flux de gènes qui limitent les effets de dérive. La diversité génétique des populations du *C. dupreziana* peut s'expliquer par la forte pression de l'environnement du Tassili n'Ajjer.

La présence d'une pression importante de l'environnement au Tassili n'Ajjer, en plus le nombre restreint des individus des populations du *C. dupreziana*, suggèrent une structure génétique moins importante que celle mise en évidence, puisque la théorie stipule qu'une population de 500 individus en équilibre, peut maintenir une variabilité génétique (Kremer (1994), alors que, la population du cyprès du Tassili n'est formée que de 231 individus, isolés géographiquement de toute influence extérieure de flux de gènes.

### 3- 6- UPGMA

L'UPGMA confirme la séparation des populations du cyprès en plusieurs groupes (figure 33). Cette séparation, basée sur la distance du linkage, est surtout due à la composition terpénique des populations du plateau. Cette séparation traduit une hétérogénéité dans la composition terpéniques et une variabilité génétique au sein des populations du *C. dupreziana*.

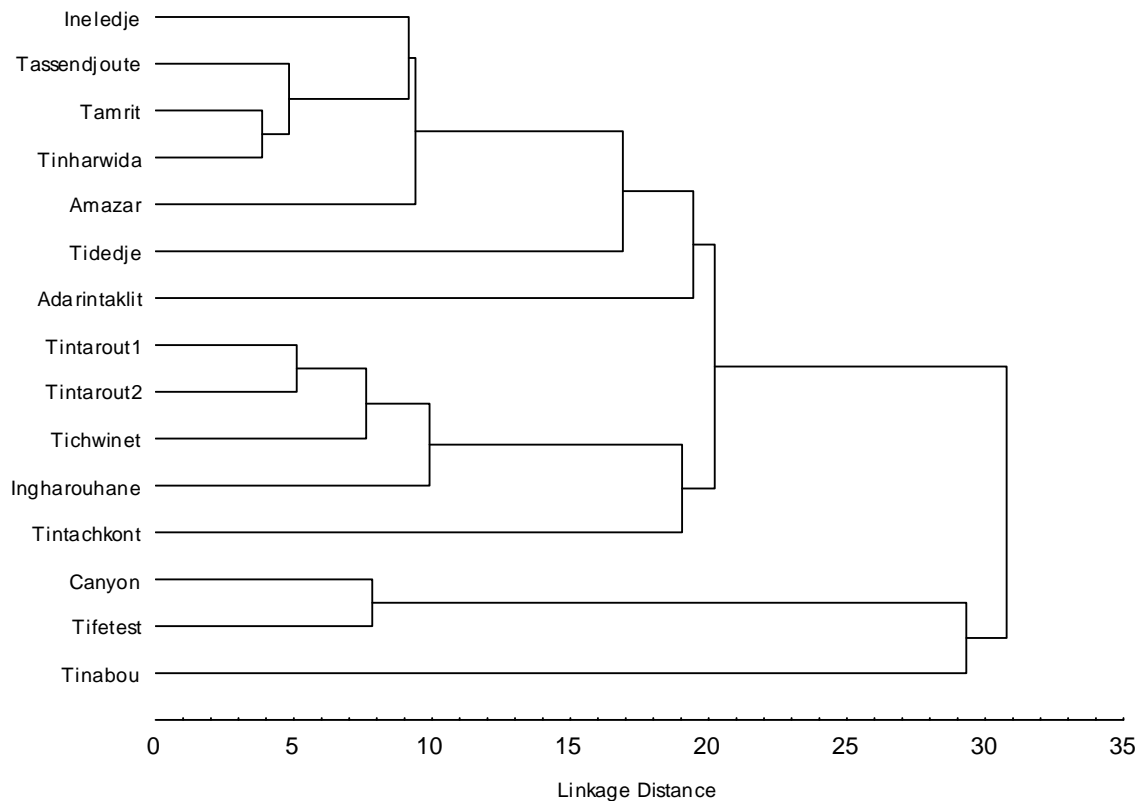


Figure 33 : UPGMA cluster des populations du *Cupressus dupreziana*

Classiquement, trois mécanismes peuvent mener les populations naturelles à l'extinction (Burgman and Neet, 1989 et Lande, 1988)

- les aléas démographiques sur les taux de survie et de reproduction des individus ;
- les aléas environnementaux, dans l'espace ou dans le temps, qui réfèrent à l'adaptabilité des populations ;
- les aléas génétiques tels que la dérive et la consanguinité.

L'analyse montre la présence d'une diversité génétique au sein de l'espèce, qui peut sauver l'espèce de la disparition, mais les aléas environnementaux et démographiques, qui sont très marqués au Tassili n'Ajjer, indiquent le contraire et c'est probablement à cause de ces conditions que les graines du cyprès ne germent plus au Tassili n'Ajjer, si elles germent les jeunes pousses n'ont aucune chance de grandir.

### 3- 7- Hérédité terpénique chez *Cupressus dupreziana*

Les investigations terpéniques ont montrées que la concentration en monoterpènes et sesquiterpènes de nos populations est hétérogène et très variable.

Cette variabilité terpénique au sein de l'espèce *Cupressus dupreziana* indique la présence d'une variabilité génétique.

Le contrôle monogénétique de la synthèse de plusieurs terpènes a été prouvé chez plusieurs espèces. Ce contrôle se fait par un gène majeur et les allèles de richesse et de pauvreté sont pratiquement codominants. Les terpènes à distribution trimodale, généralement, sont sous contrôle monogénétique (Marpeau et al. 1975 et 1983 ; Baradat et al., 1972 ; Bojovic et al., 2005).

La mise en évidence de ce contrôle génétique pour des arbres échantillonnés sur l'ensemble de l'aire de répartition naturelle du *C. dupreziana* est concrétisée par la forme des histogrammes de la concentration en ces terpènes.

### 3- 7- 1- La teneur en terpinolène

La distribution des concentrations du terpinolène chez *C. dupreziana* suggère que ce composant est sous le contrôle monogénétique (figure 34).

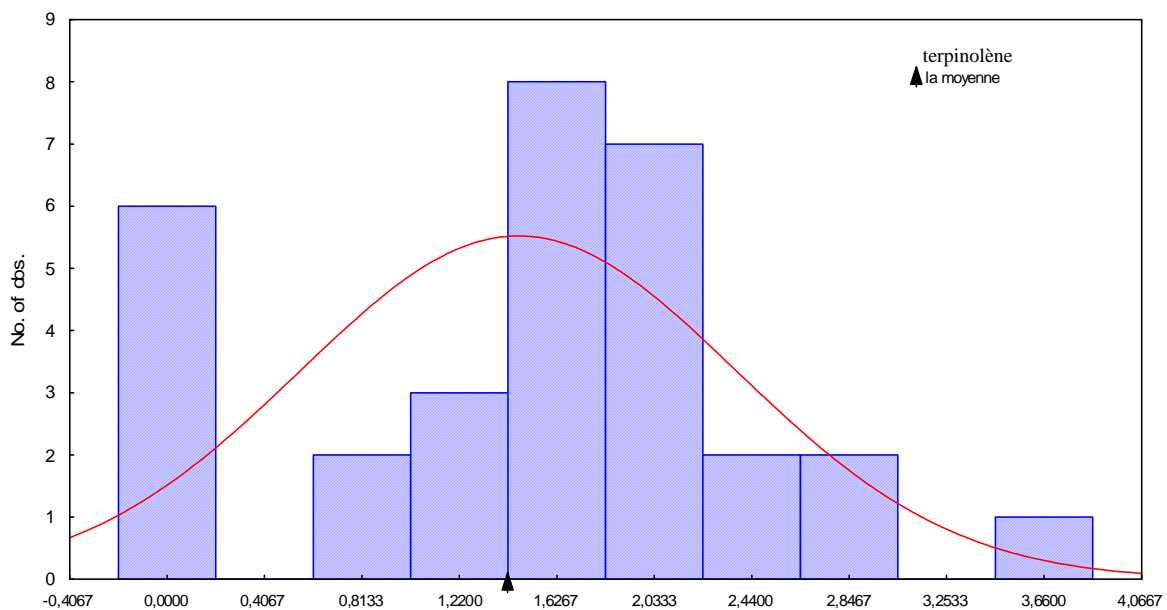


Figure 34 : Distribution des fréquences en terpinolène chez les populations du *Cupressus dupreziana*

Avec une moyenne de  $1,4 \pm 1,00$  et un coefficient de variation de 67,9 le terpinolène donne une bonne discrimination entre la population de Tinabou et les populations de (Ineledje, Tassandjoute, Tinhawida, Tamrit et Ingharouhane).

Le coefficient d'aplatissement, très voisin de 3, est tout à fait compatible avec une distribution normale, il existe par contre une légère dissymétrie dans la distribution des génotypes. Le nombre d'individus à génotypes hétérozygotes est le plus élevé dans les populations du cyprès de Tassili, par contre les génotypes de pauvretés sont plus présents que ceux de richesses.

### 3- 7- 2- La teneur en fenchène

La distribution du fenchène suit la même voie que celle du terpinolène (figure 35). Par contre ce composant ne permet que la séparation de la population de Tinabou des populations de Tidedje et de Tamrit.

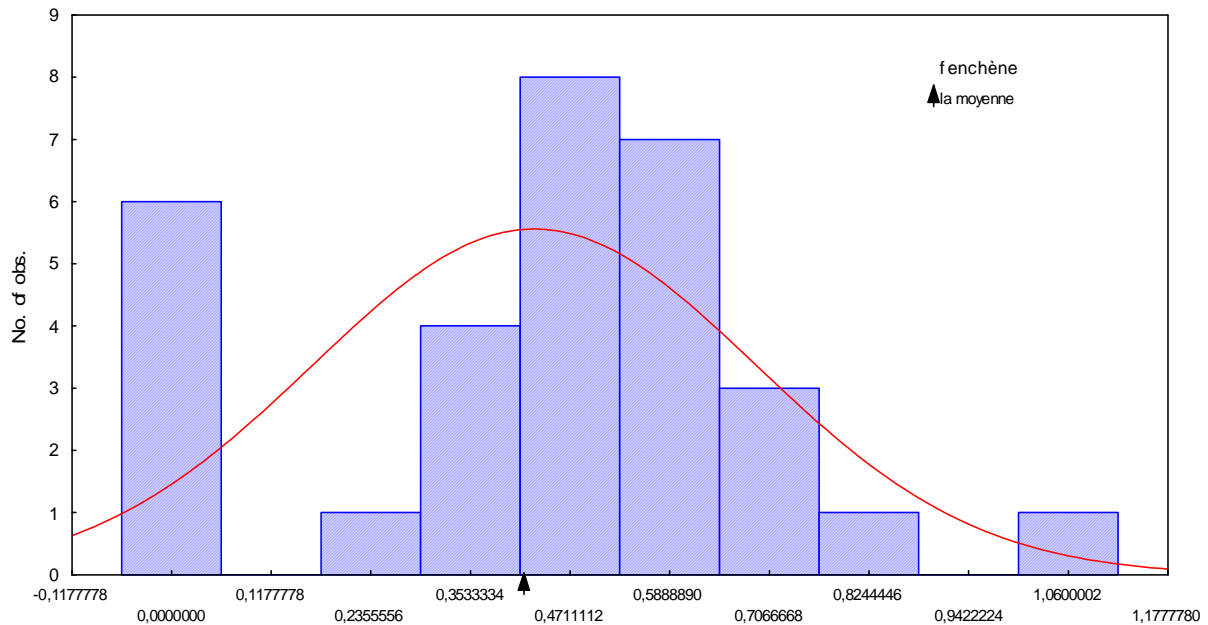


Figure 35 : Distribution des fréquences en fenchène chez les populations du *Cupressus dupreziana*

Le coefficient d'aplatissement est nul, mais il existe une légère dissymétrie dans la distribution des génotypes. On remarque que les individus à génotypes de pauvretés sont plus présents que ceux à génotypes de richesses.

### 3- 7- 3- La teneur en linalyl acétate

On s'aperçoit que la distribution du linalyl acétate est asymétrique. Les individus à faible concentration sont plus représentés que les individus à concentration élevée (Figure 36). Le nombre d'individus hétérozygotes est faiblement représenté.

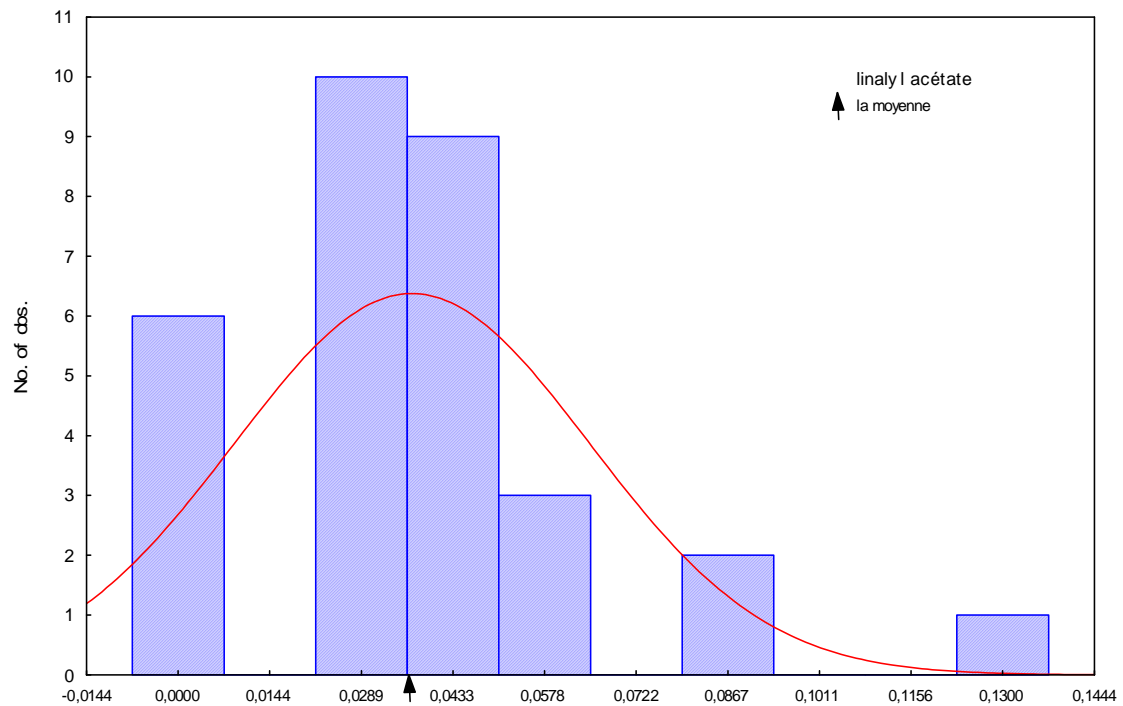


Figure 36 : Distribution des fréquences en linalyl acétate chez les populations du *Cupressus dupreziana*

#### 3- 7- 4- La teneur en $\alpha$ -phellandrène

L'amasement des concentrations, en  $\alpha$ -phellandrène des individus, dans les extrémités a provoqué une sorte d'aplatissement de la courbe de distribution (figure 37). Les hétérozygotes ont une distribution en concentration normale, alors que les individus pauvres en ce terpène sont plus représentés que les individus à forte concentration. Le contrôle monogénétique de la synthèse de l' $\alpha$ -phellandrène a été prouvé chez le genre *Pinus* (Baradat et al., 1972 et Marpeau et al., 1975).

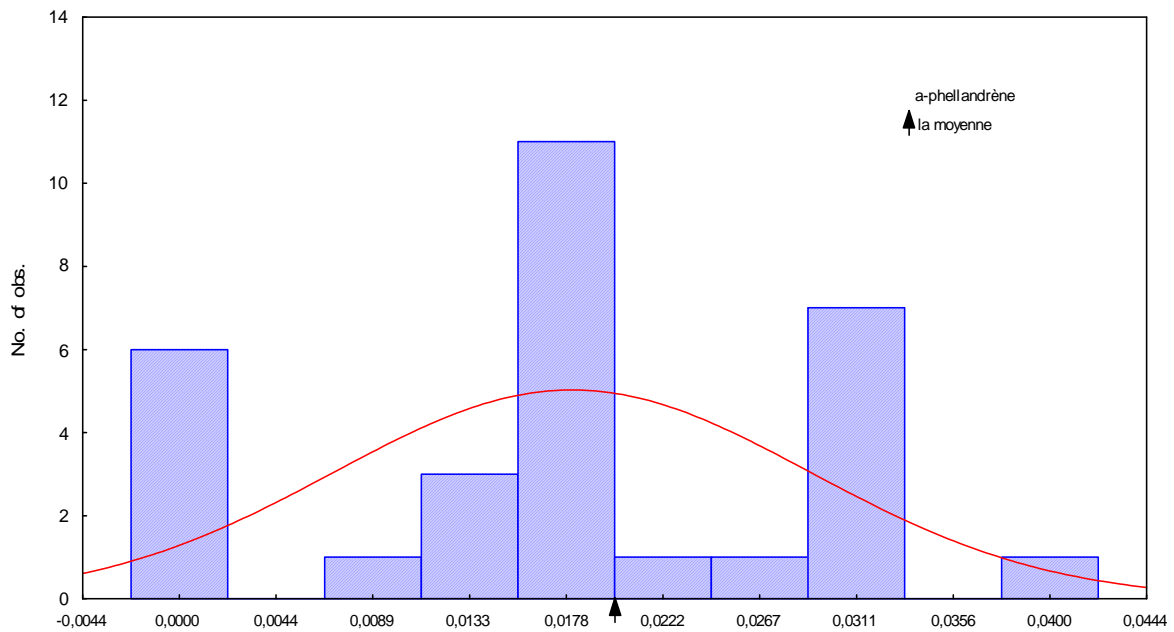


Figure 37 : Distribution des fréquences en  $\alpha$ -phellandréne chez les populations du *Cupressus dupreziana*

### 3-7-5- La teneur en p-cymène

La courbe de distribution du p-cymène est symétrique et très aplatie (figure 38). On remarque un écart important dans les concentrations entre les individus de pauvretés et le reste des individus de la population. Les individus hétérozygotes sont bien représentés.

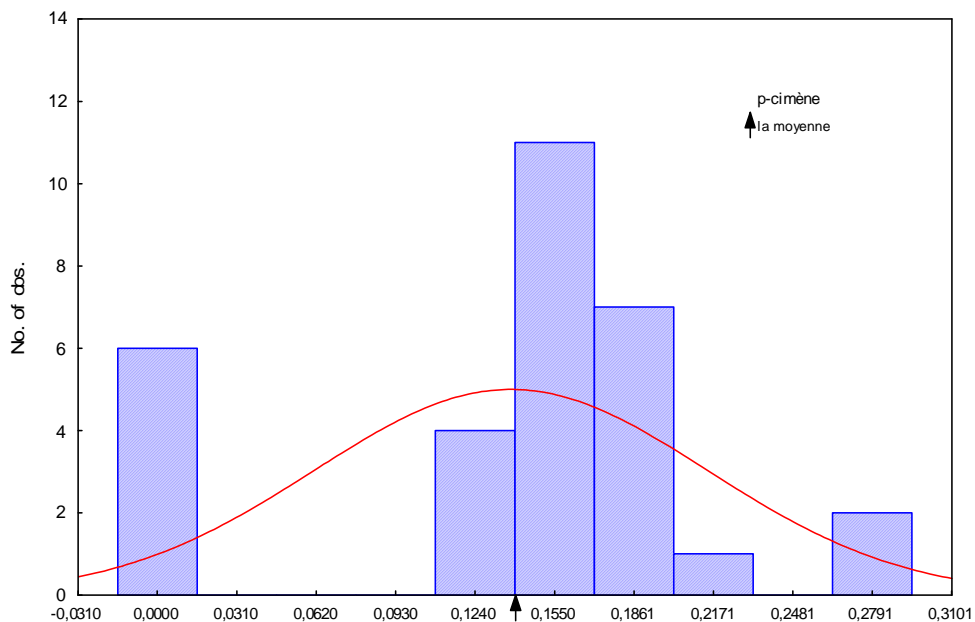


Figure 38 : Distribution des fréquences en p-cymène chez les populations du *Cupressus dupreziana*

### 3-7-6- La teneur en $\alpha$ -humulène

La courbe de distribution est aplatie et dissymétrique à gauche. Les individus pauvres en  $\alpha$ -humulène sont très représentés par contre les individus hétérozygotes sont faiblement représentés (figure 39).

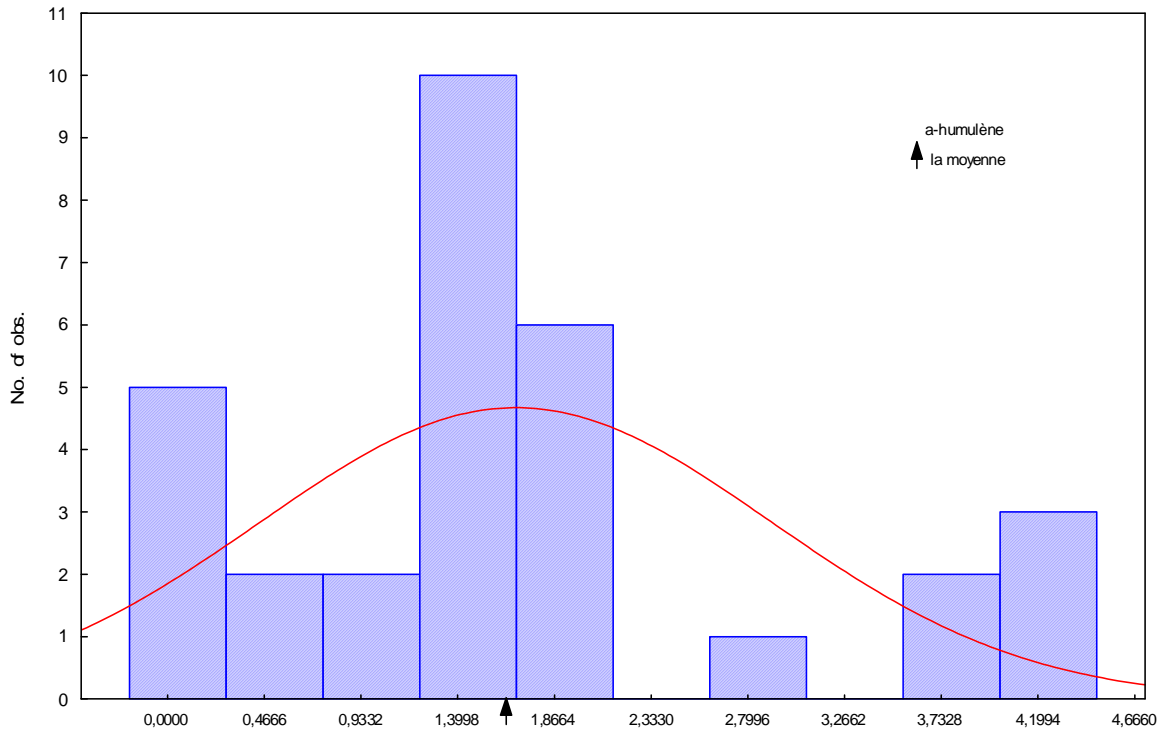


Figure 39 : Distribution des fréquences en  $\alpha$ -humulène chez les populations du *Cupressus dupreziana*

### 3-7-7- La teneur en $\beta$ -bourbérène

La courbe de distribution du  $\beta$ -bourbérène est très asymétrique « Beaucoup possèdent peu et peu possèdent beaucoup » (figure 40). Cette asymétrie positive, signifie une longue queue vers la droite, est un phénomène courant, elle reçoit une explication de portée générale et conduit à une constatation de la présence dans la population du génotype récessif par rapport au génotype dominant et au hétérozygote.

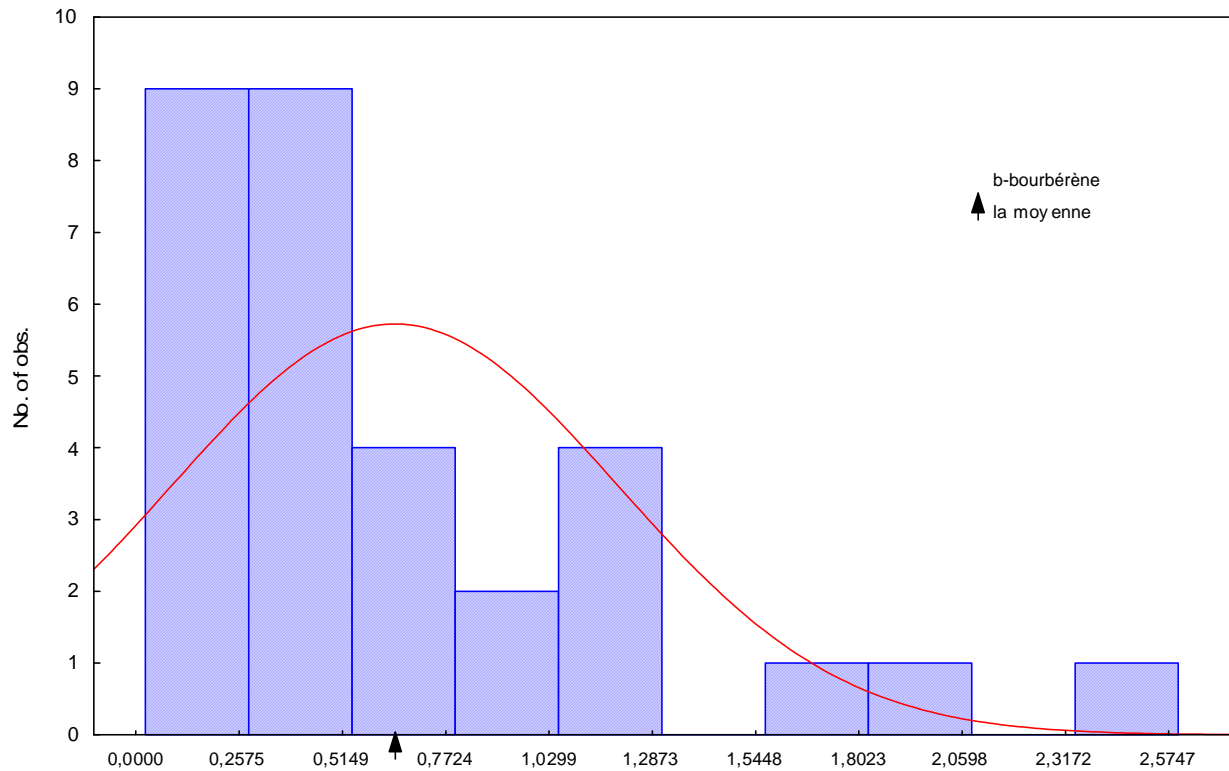


Figure 40 : Distribution des fréquences en  $\beta$ -bourbérène chez les populations du *Cupressus dupreziana*

### 3- 7- 8- La teneur en limonène

La forme de l'histogramme de la concentration en limonène pour des arbres échantillonnés sur l'ensemble de l'aire naturelle du cyprès de Tassili suggérait un déterminisme monogénétique. L'asymétrie de la courbe de distribution indique que l'allèle de pauvreté est très représenté chez cette espèce (figure 41). Le contrôle monogénique du limonène est prouvé chez plusieurs espèces, *Abies lasiocarpa* Zavarin et al. (1970), chez le genre *Mentha* Murray et Hefendehl (1973), chez *Pinus elliottii* Gansel et Squillace (1977), chez *Pinus taeda*, Squillace et al. (1980), chez le pin maritime Marpeau et al. (1983).



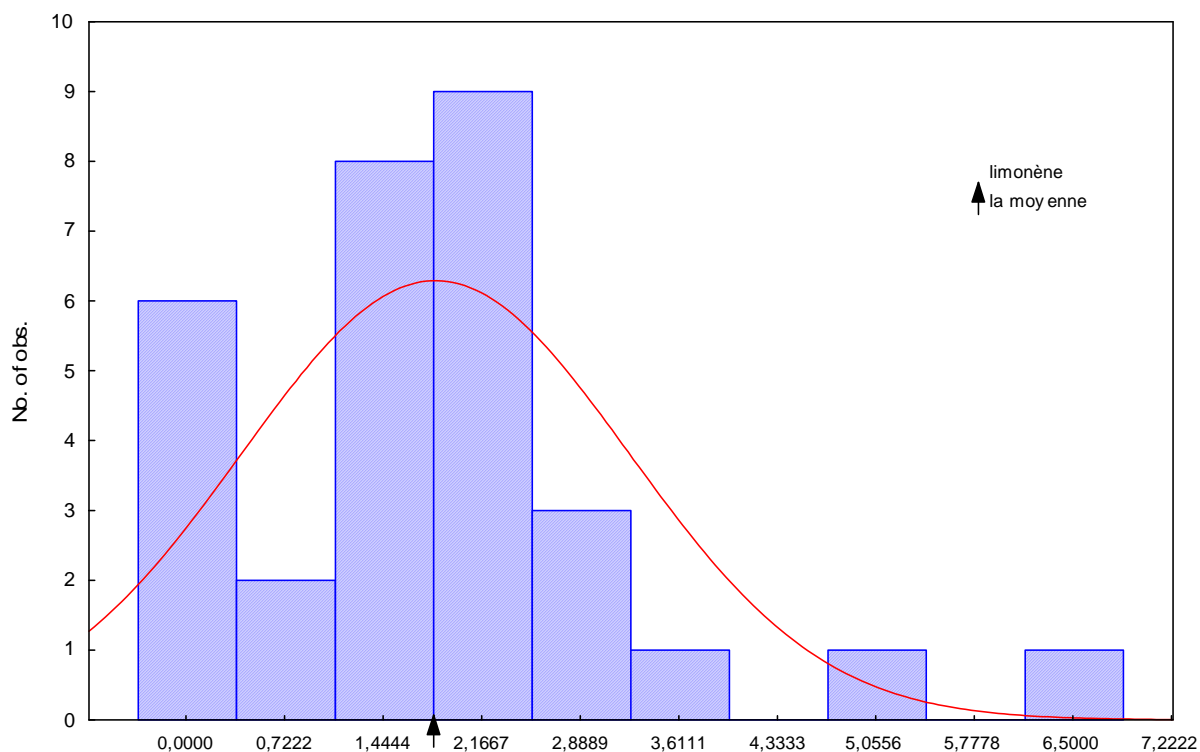


Figure 41 : Distribution des fréquences en limonène chez les populations du *Cupressus dupreziana*

### 3- 7- 9- La teneur en $\delta$ -cadinol

La courbe de distribution des concentrations du  $\delta$ -cadinol est aplatie et très asymétrique. Les individus à faible concentration en ce terpène sont très représentés (figure 42). Les Hétérozygotes et les individus de richesses sont faiblement représentés. Les populations du cyprès de Tassili sont hétérogènes en ce qui concerne le  $\delta$ -cadinol.

### 3- 7- 10- La teneur en terpinol-4ol

La courbe de distribution est asymétrique l'ensemble des individus sont représentés par des concentrations de pauvreté (figure 43). Les individus à concentration levée et les individus hétérozygotes sont faiblement présents.

### 3- 7- 11- La teneur en $\beta$ -copaène

La courbe de distribution du  $\beta$ -copaène est platikurtique et asymétrique avec une queue longue à droite (figure 44). Les individus à concentration pauvre sont mieux représentés, les hétérozygotes sont présents, alors que les individus à concentration

riche sont faiblement représentés.

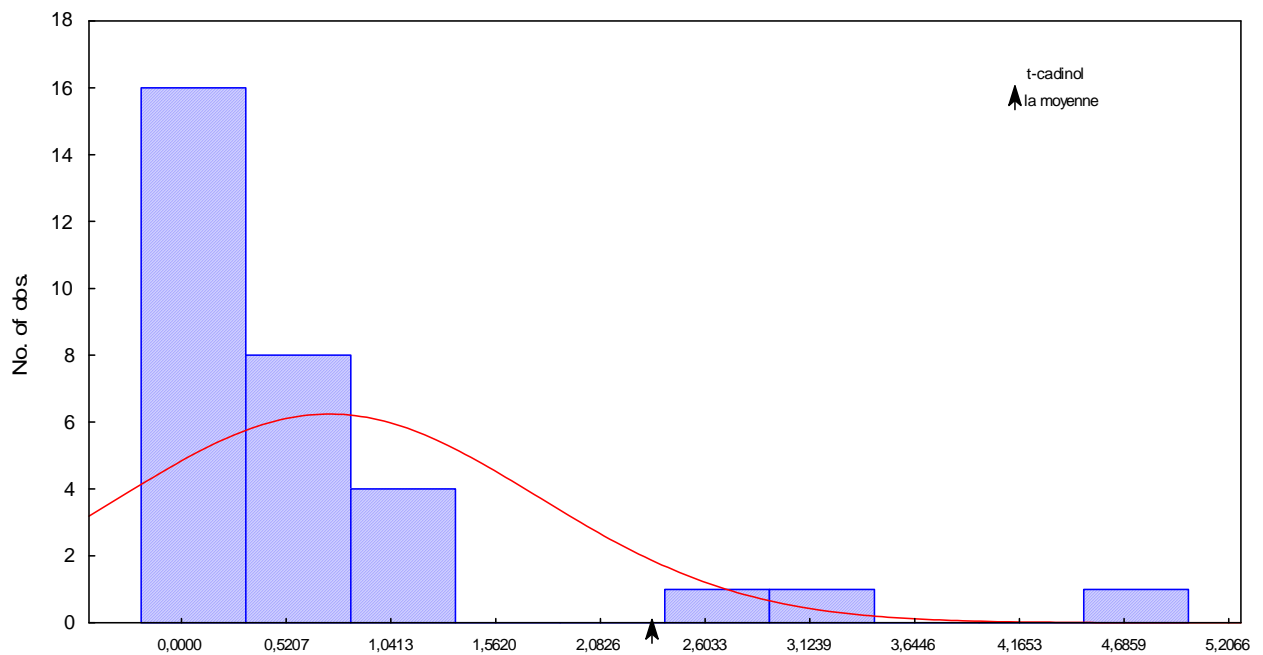


Figure 42 : Distribution des fréquences en  $\delta$ -cadinol  
les populations du *Cupressus dupreziana*

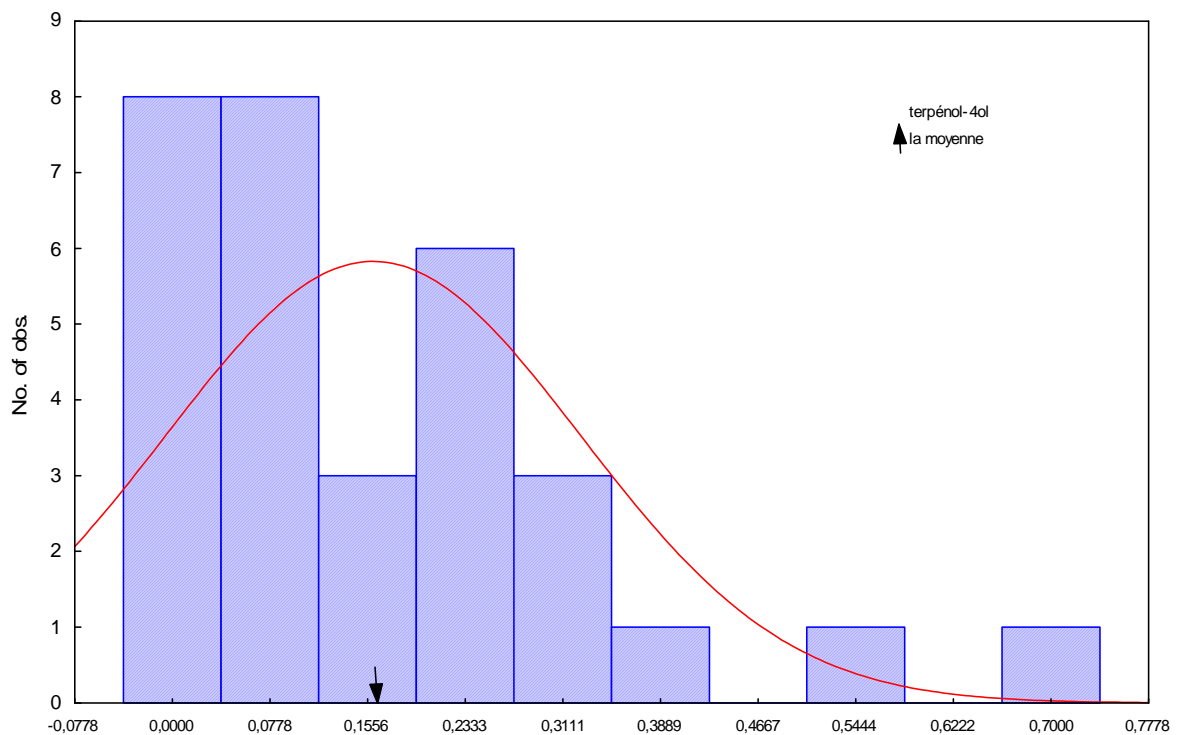


Figure 43 : Distribution des fréquences en terpenol-4ol chez  
les populations du *Cupressus dupreziana*

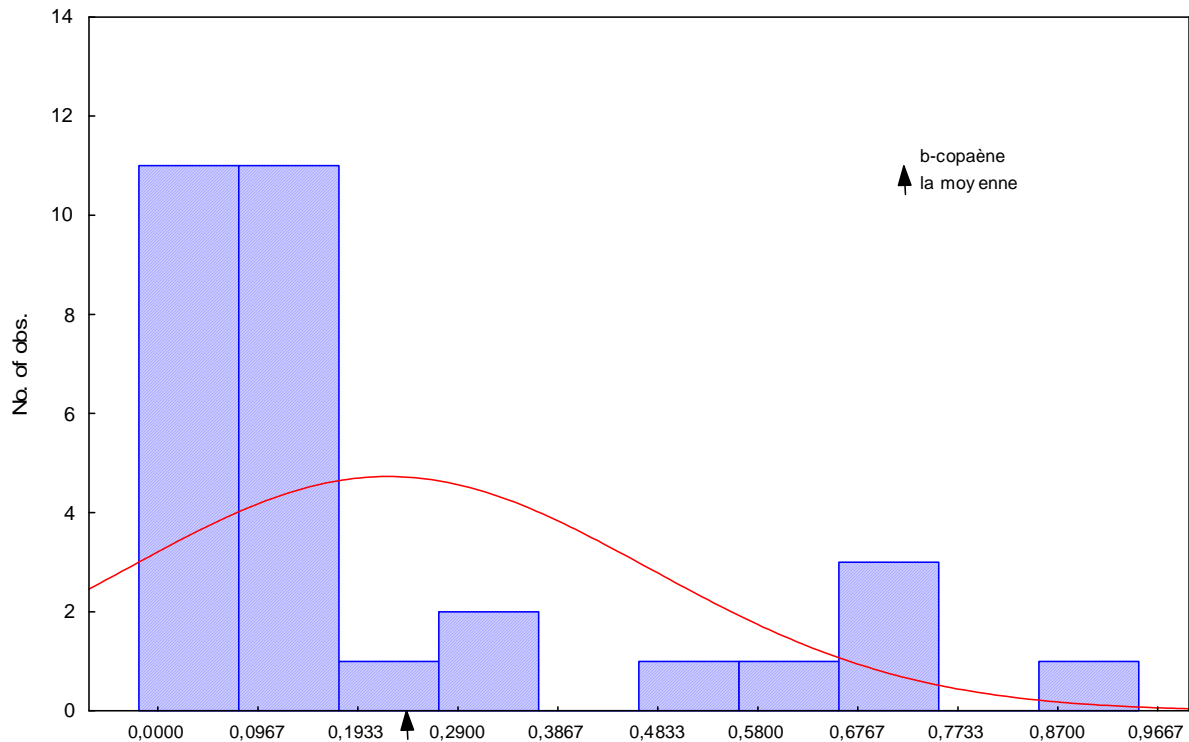


Figure 44 : Histogrammes de distribution des fréquences en  $\beta$ -copaène  
Chez les populations du *Cupressus dupreziana*

Cette analyse fait ressortir un fort déficit en hétérozygotes, 72% des composants mogéniques ont des effectifs hétérozygotes faibles, au sein des populations étudiées. Ce phénomène a également été rencontré chez *C. sempervirens* Korol and *al.* 1997 ; Papageorgiou and *al.* 1994 ; Raddi et Sümer, 1999) ainsi que chez de nombreuses autres espèces forestières, Gymnospermes ou Angiospermes (Comps and *al.*, 1990 ; Chamberlin and *al.* 1996 ; El Mousadik et Petit, 1996).

L'hypothèse de consanguinité semble ici beaucoup plus réaliste, à ne pas écarter, même si d'autres facteurs liés à la densité des arbres et la phénologie de la reproduction (structuration temporelle en sous populations) favorisent également l'écart à la panmixie et ne peuvent donc être totalement écartés. D'après Pichot et al. (2001), pour échapper à cette tare génétique, *C. dupreziana* a développé un mode de reproduction unique au monde (l'apomixie paternelle). Ce mode de reproduction évite à *C. dupreziana* de recourir à des fécondations consanguines, inévitables dans une population aussi réduite que la sienne.

#### 4- CONCLUSION

L'analyse des huiles essentielles du *C. dupreziana* a permis l'identification de 38 composants terpéniques. Dans cette essence très riche en monoterpènes, l' $\alpha$ -pinène et le  $\Delta^3$ -carène sont les composants majoritaires et les sesquiterpènes sont riches en germacrène-D. Ces trois composants terpéniques forment à eux seuls la majorité des huiles essentielles. Les mono et sesquiterpènes présentent des variations interpopulations importantes. Tous les composants terpéniques du Tassili n'Ajjer présentent une grande variation intra population.

La composition quantitative et même qualitative de l'huile essentielle des populations natives du Tassili n'Ajjer et celle de Djanet diffèrent considérablement.

Les composants terpéniques nous ont permis en premier lieu de séparer les populations naturelles du Tassili n'Ajjer de la population de Djanet. Cette séparation nous indique la présence de variabilité terpénique au sein des populations du cyprès de Tassili. Mais cette séparation est surtout influencée par les conditions du milieu (le sol et la présence de l'eau). Les individus de la population de Djanet sont irrigués et le sol dans la plupart des cas est amendé, par contre les populations du plateau se retrouvent dans des conditions écologiques très difficiles. Chaque génotype se caractérise par une courbe de réponse aux différents environnements, on parle de plasticité phénotypique.

La séparation des populations du *C. dupreziana* du Tassili n'Ajjer en petits groupes, basée sur la distance du linkage, est surtout due à la composition terpénique. Cette diversité terpénique ne peut que traduire une variabilité génétique au sein de cette espèce.

L'analyse montre la présence d'une diversité génétique au sein de l'espèce, qui peut sauver l'espèce de la disparition, mais les aléas environnementaux et démographiques, qui sont très marqués au Tassili n'Ajjer, indiquent le contraire et c'est probablement à cause de ces conditions que les graines du cyprès ne germent plus au Tassili n'Ajjer, si elles germent les jeunes pousses n'ont aucune chance de grandir.

Le contrôle monogénétique de la synthèse de 11 terpènes a été identifié chez *C. dupreziana*. Cette analyse fait ressortir un fort déficit en hétérozygotes et l'hypothèse de consanguinité semble ici beaucoup plus réaliste, a ne pas écarter.

## Chapitre II : ACTIVITE BIOLOGIQUE DES HUILES ESSENTIELLES DU CYPRES

### 1- DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES

Depuis des milliers d'années, l'humanité a utilisé diverses ressources trouvées dans son environnement afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies (Amason et *al.*, 1981). Les travaux de Jones *et al.* (2000) ont montré que parmi les plantes, utilisées à des fins antimicrobiens par les amérindiens de l'Est du Canada, certaines présentent une activité biologique significative. Actuellement, l'organisation mondiale de la santé (OMS) estime qu'environ 80% des habitants de la planète ont recours aux médecines traditionnelles à base de plantes en tant que soins de santé primaire (Assiniwi, 1988 et Beccera et *al.*, 2002).

A l'origine, ces ressources étaient employées sous leur forme brute, puis au fil du temps, la préparation d'extraits et de concentrés ont permis d'en intensifier l'effet médicinal. A partir du XIX<sup>ème</sup> siècle, les molécules à visés thérapeutiques ont été isolées et ont servi de prototypes à la synthèse de médicaments (Bergeron, 1996).

Plus de 120 composés provenant de plantes sont aujourd'hui utilisés en médecine moderne et près de 75% d'entre eux sont utilisés selon leur usage traditionnel (Assiniwi, 1988 et Cole, 1994). De plus, parmi les 25 composés pharmaceutiques les plus vendus au monde, 12 d'entre eux sont issus de produits naturels (Conner, 1980 et Didry, 1990). Sur les quelques 250 à 300 000 espèces inventoriées de plantes que l'on trouve sur Terre, seulement 5 à 15% ont fait l'objet de recherches de molécules bio actives (Moerman, 1998; Rios, 1988; Slavuchinske et *al.*, 1999 et Söderberg, 1990).

Le champ d'action le plus étudié des huiles essentielles est celui ayant trait à leurs propriétés bactéricides. Le pouvoir antibactérien des huiles essentielles a été la préoccupation principale de médecins, de pharmaciens et de phytothérapeutes depuis la nuit des temps.

En 1986, Calder et ses collaborateurs ont testé l'activité antibactérienne des huiles essentielles de 176 plantes vis-à-vis *d'Escherichia coli*, de *Staphylococcus aureus*, de *Bacillus subtilis* et de *Pseudomonas aeruginosa*. De nombreux extraits

ont montré une activité inhibitrice sur *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*. Hanafy et Hatem ont publié en 1991 les résultats d'une étude sur l'effet antibactérien des huiles essentielles de *Nigella sativa* sur *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* et *Pseudomonas aeruginosa*. *Salmonella typhimurium* a été la seule souche résistante. Une année après, Pomilio et al. ont démontré l'effet antibactérien des huiles essentielles de deux espèces végétales du genre *Gomphrena* contre huit bactéries à Gram<sup>-</sup> et un effet inhibiteur modéré contre les bactéries à Gram<sup>+</sup> (*Staphylococcus aureus* et *Micrococcus luteus*).

Les huiles essentielles de *Origanum ondes*, du *Thymus capitatus* et de l'Origan commercialisé ont une activité bactéricide contre *Streptococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Hafnia alvei* et *Proteus vulgaris* (Biondi et al., 1993). Cowan (1999) mentionne dans son étude les noms de plus de 100 espèces à activité antimicrobienne.

L'huile essentielle de *Juniperus communis* a montré une activité sur 16 espèces bactériennes et 7 espèces de champignons (Pepeljnjak et al., 2005). Des études récentes ont montrées que plusieurs espèces possèdent une activité bactérienne élevée, parmi ces plantes,

*Psidium guyanensis* et *P. pohlianum*, *Pilocarpus spicatus* Santos et al. (1997) ; *Thymus capitatus* et *T. herba-barona* Cosentino et al. (1999) ; *Rosmarinus officinalis* (Pintore et al., 2002) ; *Achillea millefolium* (Candan et al., 2003) ; *Lantana camara* Alitonou (2004) ; *Cymbopogon citratus*, *C. nardus* et *C. schoenanthus* Koba (2004) ; *Pelargonium graveolens*, *Ocimum urticifolium* et *O. canuum* Kabera (2005) ; *Pinus pinaster* et *P. halepensis* Ghanmi (2007), *Pituranthos chloranthus* Dahia (2007) et plusieurs produits à base d'huile essentielle (De Billerbeck, 2002).

L'étude de l'extrait de *Picea mariana* sur *S. aureus* a montré une activité inhibitrice Bérubé-Gagnon (2006). Plusieurs Conifères possèdent des activités biologiques connues Keeling et al. (2006) ; Söderberg et al. (1990) ; Slavuchinske et al. (1999) ; Gigante et al. (2003) ; Elliger et al. (1976). L'huile essentielle de toutes ces espèces ne contiennent pas du germacrène-D.

En 1998, Pelle cuer et ses collaborateurs ont fait état des résultats de leurs travaux sur les activités antibactériennes et antifongique de l'huile essentielle de

*Satureja montana* qui agit sur un éventail de bactéries Gram<sup>+</sup> et Gram<sup>-</sup>. Outre leur potentiel antibactérien, les huiles essentielles constituent un remarquable moyen pour lutter contre la prolifération des champignons et des levures (De Billerbeck, 2000 et Fraternali, 2004).

La résine (mélange d'hydrocarbures terpéniques volatils et d'acides résiniques) peut avoir un rôle répulsif ou attractif vis-à-vis des insectes (Merker, 1960; Chararas, 1967a et b; Chararas et Berton, 1967; Smith, 1972). Les résines peuvent jouer un rôle mécanique s'opposant à la progression de l'insecte. L'étude effectuée sur *Pinus* sp. par Raffa et Berryman (1982a et b) montre que les arbres résistants forment plus de résine que les arbres sensibles. En étudiant la réponse d'*Abies grandis*, aux attaques de *Scolytus ventralis* Berryman (1969) a pu sélectionner des arbres résistants et des arbres vulnérables. Les arbres résistants se manifestent par une production de résine secondaire dans le parenchyme libérien et la formation d'un cal de poches traumatiques résinifères à l'intérieur du cambium; cette résinose rapide empêche l'insecte d'atteindre les tissus vasculaires (Cheniclet, 1987).

Certains monoterpènes ont un rôle bien défini vis-à-vis de certains insectes, ainsi le limonène est un facteur de résistance déterminant chez *Pinus thumbergii* (Kim et al., 1975), chez *Pinus echinata* et chez *Pinus taeda* (Coyne et al., 1976). Smith (1966) a établi un classement dans la toxicité de quatre monoterpènes lors de l'attaque de *Dentroctonus* sur *Pinus ponderosa*. Ainsi, le limonène serait le plus toxique pour l'insecte, puis le 3-carène, le myrcène et le  $\beta$ -pinène. En fait, il a été établi que ces composés agissaient seuls ou en mélange à plusieurs stades de l'interaction (Chararas et Berton, 1967). Hanover (1966) a noté la présence d'une quantité importante de 3-carène chez les arbres résistants de cyprès de Douglas. L'analyse des monoterpènes montre que les arbres résistants aux attaques des insectes contiennent davantage d' $\alpha$ -pinène et une quantité plus faible de limonène (Wilkinson, 1980). La résistance aux attaques des insectes sur *Abies grandis* est liée à la richesse en 3-carène des arbres résistants (Raffa et Berryman, 1982a).

## 2- **MATERIEL ET METHODES**

### 2- 1- **Matériel végétal**

Les jeunes rameaux sont prélevés au hasard de six populations de *Cupressus dupreziana*, durant les printemps de la période 1999-2002, dans la région du Tassili n'Ajjer. Ces parties aériennes récoltées, sont séchées à l'air libre puis coupées en petits morceaux de 1 à 2 mm.

### 2- 2- **Extraction des huiles essentielles**

La composition de l'huile essentielle, obtenue par hydrodistillation, est le plus souvent différente de celle du mélange initialement présent dans les organes sécréteurs du végétal, c'est la labilité des constituants des huiles essentielles (Bruneton, 1999).

Les parties coupées sont soumises à l'entraînement à la vapeur durant 4 h dans un essencier de type Clevenger (figure 45). L'hydrodistillation est le procédé suivi pour extraire les huiles essentielles du végétal. Cette technique se base sur le pouvoir que possède la vapeur d'eau à transporter les huiles essentielles. Elle consiste à mettre 200 grammes du végétal dans un ballon en verre (2) avec une quantité suffisante d'eau, sans pour autant remplir tout à fait le récipient afin d'éviter le passage du liquide dans le tube vertical (3) lors du chauffage. Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon (1). Les vapeurs chargées d'huile qui se dégagent passent à travers le tube vertical (3) dans le serpentin de refroidissement en verre (4) où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans le tube (5) préalablement rempli d'eau (10-15 ml) plus 1 ml de n-pentane. Les huiles essentielles étant plus légères que l'eau, elles restent en surface. L'opération d'extraction dure 4 heures à partir du début de l'ébullition.

Les huiles essentielles recueillies sont stockées à 4°C dans des fioles opaques bien scellées jusqu'à utilisation.



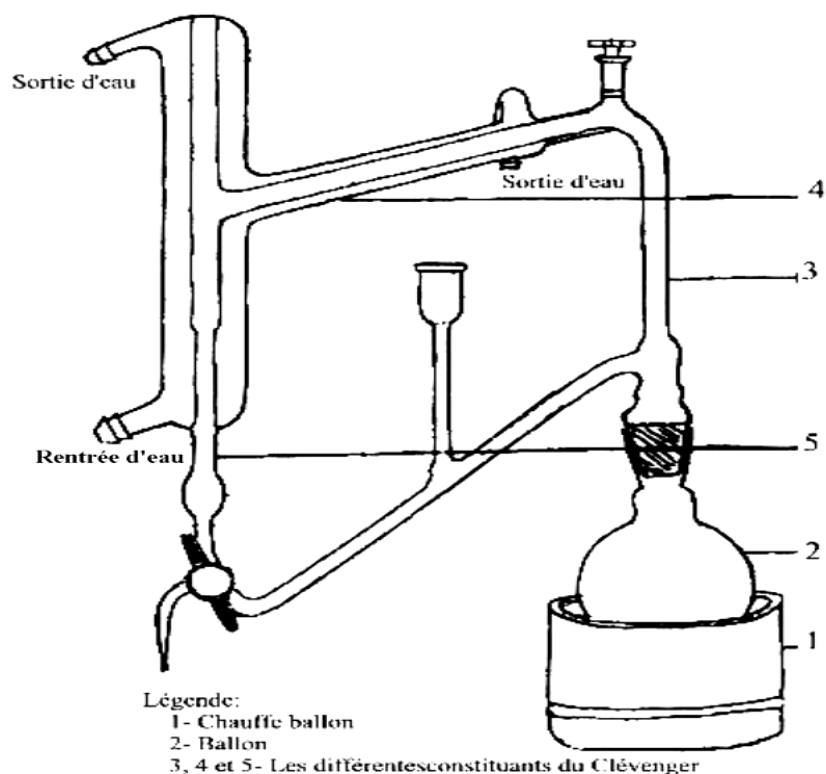


Figure 45 : Appareil d'extraction des huiles essentielles, type Clevenger

### 2- 3- Culture des microorganismes

L'étude de l'aromatogramme a été effectuée sur trois souches bactériennes proviennent de «American Type Culture Collection»: *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Ces bactéries ont été cultivé dans du bouillon de culture «Nutrient Broth» (Difco) puis incubées durant la nuit pour une durée de 18 heures à une température de 37 °C avant d'être utilisées lors des tests d'activité antibactérienne.

### 2- 4- Tests d'activité antibactérienne

Les tests bactériologiques ont été réalisé au niveau du laboratoire de bactériologie et de parasitologie du Centre Hospitalo-Universitaire de Sétif. L'activité antibactérienne des huiles essentielles des jeunes rameaux du *C. dupreziana* a été évaluée à l'aide de la méthode de diffusion sur agar (Bauer *et al.*, 1966). Cette méthode exige l'utilisation de disques en papier qui seront imprégnés par l'huile à tester et déposés sur les milieux Müller Hintonensemencés. Les diamètres des zones d'inhibition renseignent sur l'activité antibactérienne de l'huile.

Lors de l'expérience, des disques en papier de 6 mm de diamètre sont utilisés. Les disques préalablement stérilisés et imprégnés de 10  $\mu$ L d'huile essentielle. Celle-ci est préalablement diluée dans de l'éthanol absolu à 1/2, 1/5 et 1/10 (v/v). D'autres disques utilisés comme témoins sont imprégnés de 10  $\mu$ L d'éthanol. Les disques sont ensuite déposés à la surface des gélosesensemencées, et après 18h d'incubation à 37°C, le diamètre d'inhibition est mesuré.

Pour avoir des résultats fiables, les expériences sus citées sont répétées trois fois. Afin de garantir les conditions expérimentales comparables, chaque trio de disques de concentrations similaires ont été déposés dans la même boîte de Pétri.

### 3- RESULTATS ET DISCUSSION

Les huiles essentielles des plantes ont un spectre d'action biocide très large. Elles inhibent la croissance des levures et des bactéries. Les résultats de l'activité antibactérienne des extraits d'huiles essentielles des six populations de *Cupressus dupreziana* sur trois souches bactériennes *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 et *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, sont reportés dans le tableau 13. Les résultats montrent que les huiles des populations sont inactifs contre les trois souches de bactéries, sauf qu'on remarque une certaine activité modérée des l'huiles à la dilution de 1/2 v/v sur *Staphylococcus aureus*.

Tableau 13 : Activité antibactérienne de l'huile essentielle du *C. dupreziana*

Bactéries testées	Dilution (v/v)	Populations du cyprès					Gentamicine 10µg/disque
		Tidedje	Tihenked	Ineledje	Djanet	Tamrit	
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	1/10	inactif					32 mm*
	1/5						
	1/2						
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	1/10	inactif					20 mm*
	1/5						
	1/2						
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	1/10	inactif					30 mm*
	1/5						
	1/2	9 mm*	10 mm*	11 mm*			

\* Zone d'inhibition de la croissance bactérienne (diamètre du disque, 6 mm); les valeurs représentent la moyenne de trois essais

À notre connaissance, il s'agit de la première étude de l'activité antibactérienne des huiles du *C. dupreziana*. Parmi les huiles testées, celles de Tamrit et de Tassendjoute, ont montré l'activité antibactérienne la plus élevée sur *S. aureus* avec un diamètre d'inhibition de 11 mm.

Les bactéries Gram<sup>-</sup> (*E. coli* et *P. aeruginosa*) sont généralement très sensibles à la gentamicine (à action bactéricide à large spectre). Le test sur ces souches a donné des zones d'inhibition de 32 et 20mm, respectivement. Généralement les bactéries Gram<sup>-</sup> sont plus résistantes aux huiles essentielles (Tassou et Nychas, 1995). Par

contre, l'huile essentielle des populations du *C. dupreziana* n'a montrée aucune activité antibactérienne sur ces bactéries testées.

Bourrel (1993) montre que les bactéries Gram<sup>+</sup> sont plus sensibles aux huiles essentielles qu'aux bactéries Gram<sup>-</sup>. La sensibilité de la bactérie Gram<sup>+</sup> (*S. aureus*) est modérée pour la gentamicine. Cette bactérie a montrée une certaine résistance aux huiles essentielles du *C. dupreziana*, les diamètres des zones d'inhibitions ont été inférieurs au 1/3 de la zone d'inhibition de la gentamicine. La demi-dilution des huiles essentielles a diminué la densité de la croissance de *S. aureus* sur des halos de 9 à 11mm. Les huiles essentielles du cyprès du Tassili ont présenté une activité très faible sur cette bactérie Gram<sup>+</sup>.

Les études menées par Santos et al. (1997) ; Cosentino et al. (1999) ; Pintore et al. (2002) ; Candan et al. (2003) ; Pepeljnjak et al. (2005), sur des espèces dont les huiles essentielles sont pauvres en germacrène-D, montrent une activité antimicrobienne importante. L'étude de Chéraif (2007) sur l'huile essentielle du *Cupressus arizonica*, riche en germacrène-D, montre une faible activité antimicrobienne.

Les huiles essentielles de *C. dupreziana* n'ont pas d'activité antibactérienne importante suite à l'absence de constituants bioactifs, parmi ces constituants il a été démontré que les huiles riches en germacrène-D sont inactifs ou légèrement actifs vis-à-vis des microbes.

#### 4- **CONCLUSION**

Ces résultats sont portés ici pour la première fois. Les huiles testées, des six populations, sont inactives sur les souches de bactéries Gram<sup>+</sup> testées, alors qu'elles ont montré une activité antibactérienne très faible sur la bactérie *S. aureus*.

## CONCLUSION GENERALE

Le cyprès de Tassili a fait l'objet de divers travaux et surtout suscité de nombreuses interrogations depuis sa découverte. Cette étude, réalisée dans des conditions très difficiles, particulièrement dans la phase d'organisation des missions de terrain, apporte certains éléments de réponse concernant l'écologie et la génétique de cette espèce.

Les conditions climatiques du Tassili n'Ajjer ne permettent pas le développement d'une espèce arborescente, demandant des conditions plus favorables, comme c'est le cas des espèces les plus proches du cyprès de Tassili (*C. atlantica* et *C. sempervirens*).

Le milieu semble avoir un impact non négligeable sur la croissance des arbres, surtout les vents. Les arbres du Tassili sont bien adaptés aux divers milieux. Si plus de la moitié des arbres se localisent dans les lits d'oueds, il s'agit de canyons, en retrait des pistes et des zones de pâturage. La distribution actuelle de ces arbres ne serait pas attribuable aux facteurs climatiques ou édaphiques mais plutôt à leur exploitation par l'homme.

La végétation du Tassili n'Ajjer ou au moins la flore des oueds à *Cupressus dupreziana* est riche, nous avons identifié 150 espèces. Cette richesse est surtout conditionnée par les précipitations et l'apparition de l'acheb.

L'analyse des huiles essentielles du *Cupressus dupreziana* a permis l'identification de 38 composants terpéniques. Les hydrocarbures monoterpéniques constituent la majorité de l'essence des feuilles de *Cupressus dupreziana*. L' $\alpha$ -pinène, le  $\Delta^3$ -carène et germacrène-D sont les composants majoritaires des huiles essentielles du cyprès du Tassili.

L'utilisation de ces hydrocarbures terpéniques à des fins génétiques a montré la présence d'une variabilité terpénique au sein des populations du *Cupressus dupreziana*. Cette homogénéité terpénique ne peut que traduire la présence d'une variabilité génétique.

L'étude de l'hérédité des composants terpéniques identifiés au cours de l'analyse montre que l'aptitude à la synthèse de 11 composants terpéniques ont une distribution trimodale et sont sous le contrôle monogénétique. D'autres composants comme le  $\Delta^3$ -carène, le myrcène sont identifiés par plusieurs auteurs comme des composants monogéniques, mais notre analyse a montré que ces terpènes possèdent une distribution normale cela est du probablement à l'influence des conditions écologiques, qui règne au Tassili n'Ajjer.

La présence d'une variabilité terpénique témoigne que le recul du *C. dupreziana* n'est pas dû aux facteurs génétiques mais surtout aux conditions du milieu et aux facteurs humains. La protection du cyprès doit s'exercer, non seulement vis-à-vis des individus vivants, mais aussi dans le sens d'une sauvegarde des conditions favorables à la survie des rares régénérations naturelles

Les huiles testées, des six populations, sont inactives sur les souches de bactéries Gram<sup>+</sup> testées (*Echirichia coli*, et *Pseudomonas aeruginosa*), alors qu'elles ont montré une activité antibactérienne très faible sur la bactérie *S. aureus*. Les bactéries testées étaient résistantes à toutes les concentrations d'huile essentielle étudiées.

### Perspectives

Les contraintes liées au climat, aux difficultés d'accès, à l'étendue et à l'éloignement du Tassili n'Ajjer limitent les possibilités d'études approfondies. Notre travail, comme ceux qui l'ont précédé apporte quelques éléments nouveaux, et ouvre de nouvelles perspectives d'études.

La phénologie, son écophysiologie, sa reproduction in situ restent à étudier. Les modalités de sa croissance et sa longévité, sont à déterminer avec beaucoup plus de précision. Notre inventaire a pu omettre des arbres également ignorés par les Touaregs. Des moyens d'investigations modernes, aériens ou satellitaires à grande résolution pourront peut être permettre de s'approcher de l'exhaustivité.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abdelkrim H., 1992 ; Un joyau floristique: l'oued Idikel, oued à *Pistacia atlantica* et *Myrtus nivellei* dans le Hoggar, Doc. Phytosoc. N. S. 14, camerino.
- Abdoun F. et Beddiaf M., 2002 ; *Cupressus dupreziana* A. Camus, répartition, dépérissement et régénération au Tassili n'Ajjer, Sahara Central., Comptes Rendus Biologie, 325: 617-627.
- Abdoun F., 2000 ; Le Cyprès de Duprez face aux contraintes du pastoralisme et du tourisme., séminaire international sur la Sylviculture en zones arides, Djanet, Algérie.
- Abdoun F., 2002 ; Etude de la dynamique spatio-temporelle des populations de *Cupressus dupreziana* A. Camus au Tassili n'Ajjer, Algérie., Thèse Doctorat en Sciences., Univ. Aix Marseille III, 171p.
- Abed P., 1982 ; Approche chimiotaxonomique du genre *Cupressus*. "Possibilités d'applications en recherche forestière", DEA, Univ. Aix-Marseille III, 41p.
- Adams R.P., 1995; Identification of essential oils components by Gas Chromatography-Mass spectroscopy., Allured Publishing Corporation Carol Stream, Illinois USA.
- Adams W.T., 1992; Gene dispersal within forest tree populations., New Forests, 6: 217-240.
- Ag Sidiyene E., Le Floch E. et Bernus E., 1996 ; Des arbres et des arbustes spontanés de l'Adrar des Iforas (Mali), Orstom/ Cirad, Paris, 137 p.
- Ahond A., Garnreo P. and Gastambige B., 1964; Isolation of communic acid from the cones of a dwarf variety of cypress., Bull. Soc. Chim. Fr., 2: 348-349.
- Akman Y. et Daget Ph., 1971; Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquie. Bull. Soc. Lang. Géogr., 5(3): 269-300
- Alitonou G., Avlessi F., Bokossa I., Ahoussi E., Dangou J. and Sohounhloùé D. C. K., 2004 ; Composition chimique et activités biologiques de l'huile essentielle de *Lantana camara* Linn., Comptes Rendus Chimie, 7: 101-105.
- Amason T., Hebda R.J. and Johns T., 1981; Use of plants for food and medicine by Native Peoples of eastern Canada. Canadian Journal of Botany, 59: 2189-2325.
- Assiniwi, B., 1988 ; La médecine des Indiens d'Amérique. Guérin literature, Montréal.
- Balachowsky A.S., 1955 ; Une relique rarissime du Sahara Central: le cyprès de Duprez., La Nature, 3237: 20-24.

- Balansard G., Hannan A., Bernard P., Susplugas P. and Boukef K., 1976; Isolation and identification of two new diterpene acids from the green cones of cypress (*C. sempervirens* L.). Neocupressic acid III and isocupressic acid., *Trav. Soc. Pharm. Montpellier*, 36(3): 219-229.
- Baradat P et Marpeau-Bezard A., 1988 ; Le pin maritime, *Pinus pinaster* Ait. Biologie et génétique des terpènes pour la connaissance et l'amélioration de l'espèce., Thèse PhD, Université de Bordeaux I.
- Baradat Ph., Bernard-Dagan C. and Pauly G., 1975a; Les terpènes du pin maritime: aspects biologiques et génétiques. III. Hérité de la teneur en myrcène, *Ann. Sci. Forest.*, 31(1): 29-54.
- Baradat Ph., Bernard-Dagan C., Pauly G. et Zimmer manm-Fillon C., 1975b ; Les terpènes du Pin maritime. Aspects biologiques et génétiques., *Ann. Sci. Forest.*, 32(11): 29-54.
- Baradat Ph., Bernard-Dagan C., Zimmer manm-Fillon C. et Pauly G, 1972; Les terpènes du Pin maritime. Aspects biologiques et génétiques. II. Hérité de la teneur en monoterpènes, *Ann. Sci. Forest.*, 29(3): 307-334.
- Baradat Ph.R. and Yazdani, 1988; Genetic expression for monoterpenes in clones of *Pinus sylvestris* grown on different site., *Scan. J. For. Res.*, 3: 25-36,
- Barry J.P., Belin B., Celles J. CL., Dubost D., Faurel I. et Hethener P., 1970, Essai de monographie du *Cupressus dupreziana* A. Camus, cypres endémique du Tassili des Ajjer (Sahara central), *Bul. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord.*, 61(112): 95-178.
- Barry J.P., Celles J.C., 1972-1973; Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien (entre 0" et 6' de longitude est). *Naturalia monspelensia.*, sér bot.(23-24): 5-48.
- Baudrimont R., 1973 ; Contribution à l'étude de la flore algologique de l'Algérie. IV - Ecologie des diatomées des gueltas temporaires du Tassili n'Ajjer., *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 64(1-2): 3-12.
- Bauer A.W., Kirby W.M.M., Sherris J.C. and Turck M., 1966; Antibiotic susceptibility testing by a standardised single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45: 493-496
- Beccera J., Flores C, Mena J., Aquaveque P., Alarcón J., Bittner M., Hernandez V., Hoeneisen M., Ruiz E. and Silva M., 2002; Antifungal and antibacterial activity of diterpens isolated from wood extratable of Chilian *Podocarpaceae.*, *Boletin de la Sociedad Chilena de Quimica*, 47: 151-157.
- Belingeri L., 1987 ; Les hydrocarbures sesquiterpéniques: sites de biosynthèse et purification des systèmes enzymatiques du calamondin (*Citrofortunella mitis*)., Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bordeaux I, 103 pages.
- Bencharif M. Bouchneb N. et Bensaïd S., 1991 ; Inventaire du Pistachier de l'Atlas dans le massif de l'Atakor. *Sém. Natl. Sur les ressources phytogénétiques*, Avril 1991, *Inst. Natl. Agron. Alger*.



- Benchellah A.C., Bouziane H., Maka M. et Ouahès C., 2000 ; Fleurs du Sahara, Ibis Press, Paris, 255p.
- Benhouhou S, Boucheneb N., Kerzabi Q. and Sassi O., 2003; Plant communities of several wadi types in the Tassili N'ajjer, Central Sahara, Ageria., *Phytocoenologia*, 33: 49-69
- Benhouhou S, Boucheneb N., Sahli F. et Yaou Adamou I.; 2005 ; Le Cyprès du Tassili : Caractérisation floristique et écologique., *Sécheresse*, 16(1) : 61-66
- Bergeron C., Marston A., Gauthier R. and Hostettmann K., 1996; Screening of Plants Used by North American Indians for Antifungal, Bactericidal, Larvicidal, and Molluscicidal Activities., *Intl. Journal of Pharmacognosy*, 34: 233-242.
- Bernard-Dagan C., 1988a; Seasonal variations in energy sources and biosynthesis of terpenes in maritime pine., *Mechanisms of woody plant defences against insects*, W.J. Mattson, J. Levieux and C. Bernard-Dagan eds. Springer-Verlag, New-York, pp 93-116.
- Bernard-Dagan C., 1988b; Biosynthesis of lower terpenoids: genetic and physiological controls in woody plants., *Basic Life Sciences*, 44: 329-351.
- Bernard-Dagan C., 1988c; Les substances de réserve du pin maritime. Rôle éventuel des métabolites secondaires. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 135 : 15-36.
- Bernard-Dagan C., Baradat P., 1977; Use of terpenes as a tool in forest genetics., *EEC symposium of Forest Tree Biochemistry*, Commission of the European Communities. ed., Brussels, pp. 109-132.
- Bernard-Dagan C., Marpeau-Bezard A. et Baradat P., 1982 ; Etude de la relation entre la sensibilité du pin maritime à *Diocystria splendidella* et le profil terpénique des tissus corticaux., *Rapport DGRST n° 78.7.3132.*, 20p.
- Bernard-Dagan C., Pauly G., Marpeau A., Gleizes M., Carde J.P. and Baradat Ph., 1982; Control and compartmentation of terpene biosynthesis in leaves of *Pinus pinaster.*, *Physiol. Veg.*, 20 (4): 775-795.
- Berryman A.A., 1969; Responses of *Abies grandis* to attack by *Scolytus ventralis* (Coleoptera: Scolytidae). *The Canadian Entomologist*. 101: 1033-1041.
- Bérubé-Gagnon J., 2006 ; Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces de *Picea mariana* ., *Mem. Univ. Québec àChicoutimi*, B.Sc. Chimie, 76p.
- Beucher F., 1975 ; Palynologie néogène et quaternaire au Sahara Nord-occidental, CNRS, Paris, 285p.
- Beuf S., Biju-Duval B., Charpal O., Rognon P., Gabriel O. et Bennacef A., 1971, Les grès du paléozoïque inférieur au Sahara, IFP, Paris.
- Biondi D., Cianci P., Geraci C., Ruberto G. and Piattelli M., 1993; Antibiotical activity and chemical composition of essential oils from Sicilian aromatic plants., *Flavour and Fragrance Journal*, 8: 331-337.

- Bojovic S., Jurc M., Drazic D., Pavlovic P., Mitrovic M., Djurdjevic L., Dodd R. S., Rafii A. Z. and Barbero M., 2005; Origin identification of *Pinus nigra* populations in southwestern Europe using terpene composition variations, *Trees*, 19: 531-538.
- Bonin G. et Taton T., 1990 ; Réflexion sur l'apport de l'analyse factorielle de correspondances dans l'étude des communautés végétales et de leur environnement. *Ecologia Mediterranea*, XVI: 403-414.
- Bouchneb N.; 2000; Contribution à l'étude de la végétation de la région Tamanrasset (Ahaggar), Université des sciences de la technologie Houari Boumediene Alger, 107p
- Bourrel C., 1993; Analyse chimique, activités biostatiques et antioxydantes d'extraits de plantes aromatiques sélectionnées., Thèse 3<sup>ème</sup> Cycles, INP Toulouse.
- Bousquet B., 1992 ; Guide des parcs nationaux d'Afrique, Ed. Delachaux N., 368p.
- Bouvet Y. et Le berre M., 1985 ; L'écologie des gueltas du Tassili n'Ajjer (Sahara Algérien), rapport préliminaire, UNESCO-MAB, 91.
- Bouxin G., 2004 ; Analyse statistique des données de végétation. Les techniques d'ordination. Disponible sur l'Internet à l'adresse : <http://users.skynet.be/Bouxin.Guy/ASDV.htm>
- Briggs L.H. and Sutherland M.D., 1942; The essential oil of *Cupressus macrocarpa*., *J. Org. Chem.*, 7: 397.
- Bruneau de Miré Ph. et Gilet H., 1956 ; Contribution à l'étude de la flore du massif de l'Aïr., *Journ. Agr. Trop. Bot. appl.*, 3: 221-247.
- Bruneau de Miré Ph., 1960 ; Note préliminaire sur l'étage culminant du Djebel Marra et ses affinités avec les hauts sommets du Tibesti., *C.R. Soc. Biogéogr*, 321: 11-18.
- Bruneton J., 1999 ; Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales., Ed. Jec et Doc., Paris, pp. 484-510.
- Burgman, M.A. and Neet C.R., 1989; Analyse des risques d'extinction des populations naturelles., *Acta Oecologica / Oecologia Generalis*, 10: 233-243.
- Calder V. L., Cole A. L. and Walker J. R. L., 1986; Antibiotique compounds from New Zeland plants. III: a severy of some New Zeland plants for antibiotic., *journal of the Royal Society of New Zeland* , 16(2): 169-181.
- Camus A., 1926 ; Le *Cupressus dupreziana* A. Camus, Cyprès nouveau du Tassili., *Bull.Soc. Dendrol. Fr.*, 58: 39-44.
- Candan F., Unlu M., Tepe B., Daferera D., Polissiou M., Sökmen A. and Akpulat A., 2003 ; Antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *Millefolium* Afan. (*Asteraceae*)., *J. Ethnopharmacology*, 87: 215-220.

- Capot-Rey R. 1954 ; Une crue de l'O. Edjréou., Trav. Inst. Rech. Sahar., XI: 111-116.
- Carman R.M. and Sutherland M.D., 1979; Cupressene and other diterpenes of *Cupressus* species., Aust. J. Chem., 32: 1131-1142.
- Castelletti L., Castiglioni E., Cottini M. and Rottoli M., 1999; Archaeobotanical analysis of charcoal, wood and seeds, in: Di Lernia S., The Uan Afuda cave Hunter-Gatherer Societies of Central Sahara, Edizioni All'Insegna del Giglio, 131-148.
- Chamberlin J.R., Hughes C.E. and Galwey N.W., 1996; Patternes of isosyme variation in the *Leucuena shannonii* alliance (*Legumineusae: Mimosoideae*)., *Silvae Genet.*, 47: 1-7.
- Chanegriha N., Ba liouamer A., Meklati B.Y., Favre-Bonvin J. and Alamercery S., 1993 ; Chemical composition of Algerian cypess Essentiel oils. *J. Essent. Oil Res.*, 5: 671-674.
- Chanegriha N., Baaliouamer A., Meklati B.Y., Chretien J.R. and Keravis G., 1997; GC and GC/MS leaf oil analysis of four Algerian cypress species. *J. Essent. Oil Res.*, 9: 555-559.
- Chararas C. et Berton A., 1967; Recherches sur les constituants odorant des exhalaisons terpéniques de diverses essences et sur leur action a l'égard d'*Ips sexdentatus* Boern (Coléoptère scolytidae)., *C.R. Acad. Sci.*, 264(D): 1471-1474.
- Chararas C., 1967a; Recherche sur l'attractivite exercée par divers conifères a l'egard d'*Ips sexdentatus* Boern., *Ann. Soc. Ent. de France*, 3(3): 777-785.
- Chararas C., 1967b; Réaction d'*Ips sexdentatus* aux exhalaisons terpéniques de divers conifères., *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 53: 226-230.
- Chararas C., 1969; Recherches sur l'attractivité sexuelle de *phloeosinus bicolor* Brull, coléoptère scolytidae parasite spécifique des *Cupressus*., *C.R. Acad. Sci.*, 268(D): 1080-1083.
- Chararas C., 1971; Intervention des facteurs nutritionnels dans la maturation et l'élaboration des phéromones chez divers scolytidae., *C.R. Acad. Sci.*, 272(D): 2928-2931.
- Chararas C., 1974; Etude de la nutrition de maturation et du processus d'élaboration des phéromones chez *Blastophagus piniperda* L. (Coléoptère Scolytidae)., *C.R. Acad. Sci.*, 278 (D): 1601-1604.
- Chararas C., 1976a; Etude de l'attraction secondaire et de l'élaboration des phéromones chez divers *scolytidae* polygames parasites des conifères., *C.R. Soc. Biol. Fr.*, 170 (2): 340-344.
- Chararas C., 1976b; Etude de l'attraction primaire et secondaire chez le *phloeosinus* (coléoptère scolytidae)., *C.R. Acad. Sci.*, 282 (D): 1793-1796.

- Chararas C., 1977; L'action synergique des constituants glucidiques et des constituants terpéniques dans le processus d'attraction secondaire et le mécanisme de l'élaboration des phéromones chez les scolytidae parasites des conifères., C.R. Acad. Sci., 284 (D): 1545-1548.
- Cheniclet C., 1987; Effects of wounding and fungus inoculation on terpene producing systems of maritime pine., J. Exp. Bot., 38(194): 1557-1572.
- Chéraïf A., Ben Jannet H., Hammami M., Khoudja M.L. and Mighri Z., 2007; Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Cupressus arizonica* Greene., Biochem. Syst. Ecol., doi 10.1016/j.bse.2007.05.009, 8p.
- Chevalier A., 1932 ; Les productions végétales du Sahara et de ses confins Nord et Sud. Passé, présent, avenir., Rev. Bot. appl. Agric. Trop., 133-134: 669-919.
- Chipps T.F., 1930; The vegetation of the central Sahara., Geogr. J., 76 : 126-137.
- Chudeau R., 1909 ; Le Sahara Soudanais. Missions au Sahara, Ed. Colin, Paris, 327p.
- Cole M.D., 1994; Key antifungal, antibacterial and anti-insect assays- a critical review. Biochemical Systematics and Ecology, 22: 837-856.
- Collenot A., Dubuis A. et Faurel L., 1960; Note sur la flore du tassili N'Ajjer, Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord, 51: 233-254.
- Comps B., Thiébaud B., Paule L. and Letouzey J., 1990; Allozymic variability in beechwoods (*Fagus sylvatica* L.) over central Europe: Spatial differentiation among and within population., Heredity, 56: 407-417.
- Conner A.H., Diehl M.A. and Rowe J.W., 1980; Tall Oil Precursors and Turpentine In Black and White Spruce., Wood Science, 13: 111-116
- Corti R., 1942; Flora et vegetazione del Fezzan e della région di gat., Florence, 505 p.
- Cosentino S., Tuberosa C.I.G., Pisano B., Satta M., Mascia V., Arzedi E. and Palmas F., 1999; On vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *thymus* essential oils., Letters in Applied Microbiology, 29: 130-135.
- Cour P. et Duzer D., 1976; Persistance d'un climat hyperaride au Sahara central et méridional au cours de l'Holocène., Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., 18 (2-3): 175-197.
- Cour P., 1972; Nouvelles techniques de détection et de retombées polliniques. Etudes de la sédimentation des pollens et des spores à la surface du sol., Pollen et Spore, XVI(1): 103-141
- Couvet D., Austerlitz F. et Brachet S., 1999; Flux géniques chez les arbres forestières., Synthèse bibliographique., Paris : Commission des ressources génétiques forestières, 68p.
- Cowan M. M., 1999; Plant products as antimicrobial agents., Clinical Microbiology Reviews, 12(4): 564-582.

- Coyne J.F. and Lott J.H., 1976; Toxicity of substances in pine oleoresin to southern pine beetles., J. Geogr. Entomol. Soc., 11: 297-301.
- Crevaschi M., 1994; Le paléo-environnement du Tertiaire tardif à l'Holocène., Les dossiers de l'archéologie, 197: 4-13.
- Crevaschi M., Casteli R. and Trombino L., 2001; Late Quaternary climatic changes in the central Sahara. The evidence from the Wadi Tanezzouft Basin and the surrounding ergs (SW Fezzan-Libya), Congrès: Past climatic Variability Through Europe and Africa, August 27-31, Aix en Provence, France.
- Crevaschi M., Pelfini M. and Santilli M., 2006; *Cupressus dupreziana*: a dendroclimatic record for the middle-late Holocene in the central Sahara., The Holocene, 16 (2): 293-303.
- Croteau R., 1984; Biosynthesis and metabolism of monoterpenes., Isopenoids in plants, biochemical functions. W.D. NESS, G. FULLER,
- Daget Ph. et Djellouli Y., 1992 ; Le climat du Hoggar et sa variabilité inter annuelle. Précipitations, Publ. Ass. Intern. de climatologie, 5: 225-234.
- Dahia M., Laouer H., Chaker A.N., Prado S., Meierhenrich U. J. and Baldovini N., 2007; Chemical composition and antibacterial activity of *Pituranthos chloranthus* volatile oil., NPC, 2(11): 1159-1162.
- Dalichaouch N., 1982 ; Etude de 3 plantations de cyprès dans le semi-aride: *Cupressus dupreziana* A. Camus et *Cupressus arizonica* Greene à Djalfa (Moudjbara) et Ain Oussara (Benhar et Draa-Souari), Mém. Ing. Agr., INA, Alger, 94 p.
- Danusevicius D. and Persson B., 1998; Phenology of natural Swedish populations of *Picea abies* as compared with introduced seed sources., Forest Genetics, 5: 211-220.
- Davies N. W., 1990; Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methylsilicone and carbowax 20 m phases. J. Chromatogr., 503: 1-24.
- De Billerbeck V.G., Roques C., Vanière P. et Marquies P., 2002 ; Activité antibactérienne et antifongique de produits à base d'huiles essentielles., Hygiènes, 10(3): 248-251.
- De Billerbeck V.G., 2000; Activité antifongique de l'huile essentielle de *Cymbopogon nardus* (L) W. Watson sur *Aspergillus niger*, évaluation d'un bioréacteur pour l'étude de l'effet inhibiteur de substances volatiles en phase vapeur. Thèse d'état, Institut Nationale Polytechnique de Toulouse, 208p.
- De Ferré Y., 1952 ; Morphologie des plantules de Gymnospermes., Trav. Lab. Forest., Toulouse, T. 2, sec. 1, vol. 2(2): 5-12.
- Debazac E.F., 1964 ; Manuel des conifères., Pub. Ecole Nat. Eaux et forêts, Nancy, 172p.
- Del Villar E., 1944 ; Première contribution à l'étude des sols du Sahara., CNRS, 22 p.

- Di Modica G. and Rossi P.F., 1955; Compounds Extracted from the duramen (resin) of *Cupressus sempervirens*., Ann. Chimic., 45: 354-357.
- Di Modica G. and Rossi P.F., 1956; Su sostanze estratte del durame di "*Cupressus sempervirens*" L. Nota II. Isolamento di nootkatina. Ann. Chim. (Roma), 46: 842.
- Didry N., Dubreuil L. and Pinkas M., 1990; New procedure for direct bioautographic TLC assay as applied to a tincture of *Ranunculus bulbosus*. Journal of Ethnopharmacology, 29: 283-290.
- Diels L., 1917; Beiträge zur flora der zentralsahara und ihre pflanzengeographie., Engl. Bot. Jb., 45: 51-155.
- Djellouli Y. et Daget Ph., 1992 ; Étude climatique du Sahara algérien, Publ. Ass. Intern. de climatologie, 5: 235-240.
- Dobry J. and Kyncl J., 1989, *Cupressus dupreziana*.,- Ohrozeny jehlicnan strelitz saharu, Lesnictvi, 35(4): 371-384.
- Douce R., Neuberger M., Bligny R. and Pauly G., 1978; Effects of  $\beta$ -pinene on the oxidative properties of purified intact plant mitochondria., Plant Mitochondria, Ed. Elsevier/North-Holland Biomedical Press, pp. 207-214.
- Dresch J., 1982; Géographie des régions arides, PUF.
- Dubief J et Queney P., 1935 ; Les grands traits du climat du Sahara algérien., La météorologie, 119: 80-91.
- Dubief J., 1942; Les chronologies des Kel Ahaggar et Taitoq., Trav. Inst. Res. Sah., 1: 87-132.
- Dubief J., 1947; Les pluies du Sahara Central., Trav. Inst. Res. Sah., IV: 8-23.
- Dubief J., 1950; Evaporation et coefficients climatiques au Sahara., Trav. I.R.S., VI: 13-44.
- Dubief J., 1953; Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara., S.E.S., Alger, 453 p.
- Dubief J., 1959-1963. Le climat du Sahara., Trav. Inst. Res. Sah., h.s, I, II, 314p., 275p.
- Dubief J., 1999; l'Ajjer, Sahara Central, Karthala, Paris, 709 p.
- Dubost D. et Hethner R., 1966 ; Aperçu microbiologiques des sols de deux Oasis du Tassili n'Ajjer (Djanet et Ihrir)., Trav. Inst. Res. Sah., 25 : 7-27
- Durand J-H., 1954 ; Les sols d'Algérie, Gouvernement S.E.S., Alger, 244 p.
- Dutil P., 1971 ; Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara, Thèse d'état, Strasbourg, 346 p.
- Dutil P., Martinez Cl. et Quézel P., 1959; Etude pédologique et palynologique d'un profil de formations quaternaires de la daïa de M'rara (W. de l'oued Rhir)., Bull. Hist. Nat. Afr. Nord, 50(5-6): 196-203.

- Duveyrier H., 1863 ; Note sur les Touaregs et leur pays., Bull. Soc. Geogr., 5(5): 102-105.
- Duveyrier H., 1864; Les Touareg du Nord., Challamel édit. Paris., 499 p.
- El Mousadek A. and Petit R.J., 1996; High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of Argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) endemic to Morocco., Theor. Appl. Genet., 92: 832-839.
- El Mousadek A. and Prtit R.J., 1996; High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of Argan tree (*Argania spinosa* (L.) Skeels) endemic to Morocco., Theor. Appl. Genet., 92: 832-839.
- Elliger C.A., Zinkel, D.F., Chan B.G. and Waiss A.C.Jr., 1976 ; Diterpene acids as larval growth inhibitors., Experientia, 32: 1364-1366.
- Ellstrand NC. and Elam DR., 1993; Population genetic consequences of small population size, implications for plant conservation., Ann. Rev. Ecol. Syst., 24: 217-242.
- El-Maâtaoui M. and Pichot C., 2001; Microsporogenesis in the endangered species *Cupressus dupreziana* A. Camus: Evidence for meiotic defects yielding unreduced and abortive pollen., Planta, 213: 543-549.
- Emberger L., 1938; La définition phytogéographique du climat désertique., Mém. Soc. Géogr., 6: 6-14.
- Enzell C and Erdtman H, 1957; The chemistry of the natural order *Cupressales*. XIX. The occurrence of manool in *Cupressus sempervirens* L., Acta Chemica Scandinavica, 11: 902
- Erdtman H. and Norin T., 1966; The chemistry of the order Cupressales., Fortsch. Chem. Org. Naturst., 24: 206-287.
- Esdorn I., 1950; Investigations of the volatile oil content of wilting plants., Pharmazie, 5(10): 481-488.
- Ferrandes P., 1979; Les cyprès africains, in: Il cipresso malattie e difesa, sémin. Coin. Econ. Eur. Nov. 1979: 45-51.
- Floreani S.A., Retamar J.A. and Gros E.S., 1982; Terpenoids of the essential oils from species of *Cupressus*., Anales Asoc. Quim. Argentina, 70: 663-667.
- Fourreau Lamy, 1931; Rerbel général, carnet de route de la mission saharienne Fourreau Lamy 1898-1900., Librairie Plon, Paris.
- Francis M J O and Allcock C., 1969; Geraniol  $\beta$ -D-glucoside occurrence and synthesis in rose flowers., J. Phytochemistry, 8: 1339-1347
- Francllet A., 1967; Une méthode de greffage du *Cupressus dupreziana* sur *Cupressus sempervirens*, Rev. Forest. Fr., 5: 338-342.
- Fraternale D., Ricci D., Epifano F. and Curini M., 2004; Composition and antifungal activity of two essential oils hyssop (*Hyssopus officinalis* L.), JEOR., ([http://findarticles.com/p/articles/mi\\_qa4091/is\\_200411/ai\\_n9461158](http://findarticles.com/p/articles/mi_qa4091/is_200411/ai_n9461158))

- Freulon J.M., 1964; Etude géologique des séries primaires du Sahara Central, CNRS, 193 p.
- Gansel Ch. R. and Squillace A. E., 1977; Geographic variation of monoterpene in cortical oleoresin of slash pine., *Silvae Genect.*, 25(5-6): 150-154.
- Gardel G., 1961; Les Touaregs Ajjers., Document pour servir à la connaissance du Sahara I, Alger, I.R.S., 388p.
- Garnero J., Buil P., Joulain D. et Tabacchi R., 1978; Contribution a l'étude de la composition chimique de l'huile essentielle de rameaux de cyprès de Grasse (*Cupressus sempervirens* L., *Cupressus fastigiata* de Candolle)., *Parfums, Cosmetiques, Aromes*, 20: 33-41.
- Gast M., 2000; Moissons du désert, Ed. Ibis Press, Paris, 160 p.
- Gaussen H., 1950 ; Espèces nouvelles de cypres : *Cupressus atlantica* au Maroc, *Cupressus lereddei* aux Ajjers., *Le monde des plantes*, 270-27 : 55-56.
- Gaussen H., 1952; Les résineux de l'Afrique du Nord. *Ecologie, Reboisement. Rev. Intern. Bot. Appl. Agric. Trop.*, 361-362, 505-552, 508-509, 523.
- Gaussen H., 1961; A propos du cyprès des Ajjers son intérêt forestier., *Rev. Forest. Fr.*, 2 : 98-102.
- Gauthier P., Lumaret R. and Barre V., 1999; Les adaptations locales., Paris : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 51p.
- Géhu J.M. et Rivas Martinez S., 1981 ; Syntaxonomie : Notions fondamentales de phytosociologie : Berichte der internationalen symposien der internationalen vereinigung für vegetation skunde : 5-33.
- Ghanmi M., Satrani B., Chaouch A., Aafi A., ElAbid A., Ismaili MR. et Farah A., 2007; Composition chimique et activité antimicrobienne de l'essence de térébrnhtine du pin maritime (*Pinus pinaster*) et du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) du Maroc., *Acta Bot. Gallica*, 154(2): 293-300.
- Gharzouli R. et Kaabache M., 1997; Obervations phytosociologiques au Tassili des Ajjer, Sahara central-Algérie., *Colloques phytosociologiques (Bailleul)* ; XXVII: 329-336
- Gigante B., Santos C., Silva A.M., Curto M.J.M., Nascimento M.S.J., Pinto E., Pedro M., Cerqueira F., Pinto M.M., Duarte M.P., Laires A., Rueff J., Gonçalves J., Pegado M.I. and Valdeira M.L., 2003; Catechols from abietic acid, synthesis and evaluation as bioactive compounds., *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 11: 1631-1638.
- Gillet H., 1968; Le peuplement végétal du massif de l'Ennedi (Tchad)., *Mém. Muséum Nat. Hist. Nat., sér. B*, 17: 206 p.
- Gleizes M., 1979; Biosynthese et localisation cellulaire des hydrocarbures terpeniques dans le Pin maritime (*Pinus pinaster* Ait.), *These Doct. Etat, Université de Bordeaux I*, 167 p.



- Gleizes M., Bernard-Dagan C., Pauly G. and Marpeau A., 1984; Sesquiterpene biosynthesis in maritime pin needles., *Phytochemistry*, 23(6): 1257-1259.
- Gleizes M., Carde J.P., Pauly G. and Bernard-Dagan C, 1980; In vivo formation of sesquiterpene hydrocarbons in the endoplasmic reticulum of pine., *Plant Sciences Lett.*, 20: 79-90.
- Gleizes M., Pauly G., Carde J.P., Marpeau A. and Bernard-Dagan C., 1983; Monoterpene hydrocarbon biosynthesis by isolated leucoplasts of *Citrofortunella mitis*., *Planta*, 159: 373-381.
- Gleizes M., 1964; Evolution des glucides, lipides et résines dans les bois de la tige principale et les racines du pin maritime., Thèse Phytobiol., Bordeaux, France, 129p.
- Gregorius H.R., Krauhansen J. and Müller-Strack G., 1986; Spatial and temporal genetic differentiation among the seeds in a stand of *Fagus sylvatica* L., *Heredity*, 58: 255-262.
- Grim S. ; 1992; Inventaire des cyprès du Tassili., *Notices Forestières Brèves*, 25: 1-7
- Grisebach A., 1878; *La végétation du globe.*, Ed. Baillière, Paris., 905 p.
- Guenther E., 1952; *The essential oils.*, Van Nostrand, New-York, VI: 332.
- Guinet P. et Sauvage C., 1954 ; *Botanique : Les Hammadas Sud-Marocaines.*, Rabat., Travaux de l'Institut Scientifique Chérifien, Série Générale, (2): 72-167.
- Guinochet M. et Quézel P., 1954; Reconnaissance phytosociologique autour du Grand Erg occidental., *Trav. Inst. Rech. Sah.*, 12: 11-27.
- Halitim A., 1988; *Sols des régions arides d'Algérie*, OPU, Alger, 384 p.
- Hamrick J. L., Godt M.J.W. and Scherman-Broyles S.L., 1992; Factors influencing levels of genetic diversity in woody plant species., *New For.*, 6: 95-124.
- Hanafy M.S.M. and Hatem M.E., 1991; Studies of the antimicrobial activity of *Nigella sativa* seed (black cumin). *Journal of Ethnopharmacologie*, 34: 275-278.
- Hanover J.W., 1966a; Environmental variation in the monoterpenes of *Pinus monticola* Dougl., *Phytochemistry*, 5: 713-717.
- Hanover J.W., 1966b; Inheritance of  $\Delta^3$ -carene concentration in *Pinus monticola*., *Forest Sci.*, 12(4): 447-450.
- Harborne J.P., 1977; *Introduction to ecological biochemistry.*, Academic Press, pp 22-26.
- Hethener P., 1967a; Activité microbiologique des sols à *Cupressus dupreziana* A. Camus au Tassili n'Ajjer (Sahara Central), *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 68: 39-100.
- Hethener P., 1967b ; Activité microbiologique des sols à *Cupressus dupreziana* A. Camus au Tassili n'Ajjer (Sahara Central), Thèse Doctorat, Toulouse, 73 p.

- Hoffmeisterova R. and Dobry J., 1995; Will the Tassili population of *Cupressus dupreziana* survive? Proceedings of the Eco-Conference on Africa, held in Prague (Czech Republic), 183-187.
- Hrib J. and Dobry J., 1984; An exsiccated culture of Tassilian cypress *Cupressus dupreziana* A. Camus, Forest Ecology and Management, 8: 235-242.
- Hrib J., Kralik, J. and, Hradilik, J., 1989; Propagation of the threatened Tassilian cypress *Cupressus dupreziana* (A. Camus) by cuttings., Acta Universitatis Agriculturae, Cisló, 1: 265-68.
- IUCN., 2006; Conifer Specialist Group (1988). *Cupressus dupreziana* var. *dupreziana*. Red List of threatened Species. Retrieved on 10 June 2006, Listed as critical (CR A2c, C1 v2.3).
- Jolad S.D., Hoffman J.J., Schram K.H., Cole J.R., Bates R.B. and Tempesta M.S., 1984; A new diterpene from *Cupressus goveniana* var. *abramsiana* 5  $\alpha$ -hydroxy-6-oxasugiol (cupresol)., Journal of Natural Products, 47(6): 983-987.
- Jones NP, Arnason JT, Abou-Zaid M, Akpagana K, Sanchez-Vindas P, Smith ML., 2000; Antifungal activity of extracts from medicinal plants used by First Nations Peoples of eastern Canada., Journal of Ethnopharmacol., 73(1-2): 191-198.
- Kabera J.N., Kakana P., Bogendako M.J. and Towani J.C., 2005; A la recherche des composés bios actifs à base des plantes, cas du Rwanda., Symposium Plants Medecinal, Rwanda.
- Kassas M., 1953; Habitat and plant communities in the Egyptian desert: II. The features of a desert community., J. Ecol., 41: 248-56.
- Kilian C., 1925; Au Hoggar, Mission de 1922., Paris, 190 p.
- Kilian CH., Fehér D., 1939 ; Recherches sur la microbiologie des sols désertiques. Encycl. Biol., XXI, Paris, 127 p.
- Kim C.S., Hong S.H. and Choi C., 1975; Breeding of varieties of pines resistant to pine gall midge., Korean J. Breeding, 7: 135-142.
- Klocke D., 1972; Schritl. Mitt. Vol 18, 6, In : Grosser et al., 1974.
- Knapp R., 1973; Die vegetation von Afrika, Stuttgart, G. Fischer verlan, vegetationsmonographien der einzelnen grossräume, Band 111, 626 p.
- Koba K., Sanda K., Raynauld C., Nenonene Y.A., Millet J. and Chaumont J.P., 2004; Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. Africains vis-à-vis de germes pathogènes d'animaux de compagnie., Ann. Méd. Vét., 148: 202-206.
- Korani M., 1991; The results of *Pinus taeda* growth at different soil compounds., Shafarood Forest Service, Forest and Range Organisation of Iran, Bulletin, pp. 110-114.

- Korol L., Kara N., Isik K. and Schiller G., 1997; Genetic differentiation among and within natural and planted *Cupressus sempervirens* L., Eastern Mediterranean, *Silvae Genet.*, 46: 155-161.
- Korol L., Kara N., Isik K., Schiller G., 1997; Genetic differentiation among and within natural and planted *Cupressus sempervirens* L., Eastern Mediterranean populations, *Silvae Genet.*, 46: 155-161.
- Koski V., Skroppa T., Paule L., Wolf H. and Turok J., 1997; Technical guidelines for genetic conservation of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). European Forest Genetic Resources Programme (EUFORGEN). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 1997.
- Kremer A., 1994; Diversité génétique et variabilité des caractères phénologiques chez les arbres forestières., *Genet. Sel. Evol.*, 26: 105-123.
- Laferrère M., 1961; Compte-rendu sur les essais de graines effectuées durant la saison 1960 dans la palmeraie de Djanet, Service de la colonisation et de l'Hydraulique de l'Algérie, rapport inédit réf. NG. 32W, 20 p.
- Lande R., 1988 ; Genetic and demography in conservation., *Science*, 241: 1455-1460.
- Lavauden L., 1926; Sur la présence d'un cyprès dans les montagnes du Tassili des Azdgers. *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 182: 541-543.
- Lawrence L., Bartschot R., Zavarin E. and Griffin J.R., 1975; Natural hybridization of *Cupressus sargentii* and *C. macnabiana* and the composition of the derived essential oils., *Biochem. Syst. and Ecol.*, 2: 113-119.
- Le Berre M., 1986; The vertebrates of Ihrir Tassili n'Ajjer, Algeria. *Ecologia and Biogeographic review*, *Compte Rendu des Séances de la Sociétés de Biogéographie*, 62(4): 111-132.
- Le Berre M., 1989a; Faune du Sahara. I : Poissons, Amphibiens, Reptiles., Ed. R. Chabaud- Lechevalier, Paris, 332 p.
- Le Berre M., 1989b; Faune du Sahara. II : Mammifères., Ed. R. Chabaud-Lechevalier, Paris, 159p.
- Le Houérou E.N., 1990; Définitions et limites bioclimatiques du Sahara., *Sécheresse* 1: 246-259.
- Le Houérou E.N., 1992; Outline of the biological history of the Sahara, *Journ. Arid. Env.*, 22: 3-30.
- Lebrun J.P., 1981; Les Bases floristiques des grandes divisions chronologiques de l'Afrique sèches., I.E.M.V.T., Maisons-Alfort ; 1 vol., 483p.
- Lebrun J.P., 1982; Introduction à la flore d'Afrique, faits et chiffres., I.E.M.V.T., Maisons-Alfort, 90p.
- Lelubre M., 1952; Recherches sur la géologie de l'Ahaggar Central et Occidental (Sahara Central)., Thèse Doct., Fac. Sc., Paris, 2 vol., 354 p., 385 p.

- Lemée G., 1952; Contribution à l'étude phytosociologique des confins saharo-marocains., Trav. Lab. Biol. Sahar. De Beni-Ounif: 29p.
- Leonard J., 2001; Flore et végétation du Jebel Uweinat (Désert de Libye, Egypte, Soudan) Sixième et dernière partie. Etude de la végétation, analyse phytosociologique et phytochorologique des groupements végétaux., Ed. Meise, Belgique, 139p.
- Leredde C. 1957, Etude écologique et phytogéographique du Tassili n'Ajjer, II, Inst. Rech. Sahar., Alger, 455 p.
- Leroux M., 1991; La spécificité climatique des montagnes sahariennes, Rev. Géogr. Alpine, LXXIX(1): 23-42.
- Maire R. et Monod Th., 1950 ; Etudes sur la flore et la végétation du Tibesti., Mém. IFAN, 8: 140 p.
- Maire R., 1933; Etude sur la flore et la végétation du Sahara Central, Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Mission du Hoggar, 2: 1-272.
- Maire R., 1936; Contribution à l'étude de la flore du Tibesti., Mém. Acad. Sc. Paris, 62(2) : 1-39.
- Maire R., 1940; Etude sur la flore et la végétation du Sahara Central., Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Mission du Hoggar, 3: 275-433.
- Maire R., 1943; Contribution à l'étude de la flore des montagnes du Sahara méridional., Bul. Soc. Hist. Nat. Afr. N., 34: 134-141.
- Maire R., 1944; Sur la fructification du *Cupressus dupreziana* A. Camus, du Tassili n'Ajjer., Bul. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 35(2): 12.
- Malécot G., 1948; Les mathématiques de l'hérédité., Masson, Paris.
- Maley J., 1977; Paleoclimate of Central Sahara during the early Holocène., Nature, 269: 573-577.
- Maley J., 1981; Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle., ORSTOM, Paris, 586 p.
- Mangoni L. and Belardini M., 1964; Components of *Cupressus sempervirens* resin. I. Communic acid, cupressic acid and isocupressic acid., Gazz. Chim. Ital., 94(10): 1108-1121.
- Mangoni L. and Belardini M., 1966; Constituents of *Cupressus sempervirens*. II. Isolation and structure of two terpenes ketones., Gazz. Chim. Ital., 96(1-2): 206-219.
- Mangoni L. and Caputo R., 1967a; Sempervirol: a novel type of diterpene phenol. Tetrahedron Letter, 8: 673-675.
- Mangoni L. and Caputo R., 1967b; Components of *Cupressus sempervirens* resin. III. Isolation and structure of sempervirol, a new diterpene phenol., Gazz. Chim. Ital., 97(6): 908-919.

- Marpeau A., Baradat Ph. et Barnard-Dagan C., 1975; Les terpenes du Pin maritime, aspects biologiques et genetiques. IV. Héredité de la teneur en deux sesquiterpènes: le longifolène et le caryophyllène., Ann. Sci. Forest., 32(4): 185-203.
- Marpeau A., Baradat Ph. et Barnard-Dagan C., 1983; Les terpènes du Pin maritime, aspects biologiques et génétiques. V. Héredité de la teneur en limonène., Ann. Sci. Forest., 40 (2): 197-216.
- Masada Y., 1976; Analysis of essential oils by Gas Chromatography and Mass Spectrometry., J. Wiley & Son's, Inc. New York
- Menchikoff N., 1926; Observations géologiques faites au cours de l'expédition de S.A.S. le Prince Kemal-el-Din Hussein dans le désert de Libye (1925-26)., C.R. Acad. Sci. Paris, CLXXXIII, p. 1047.
- Mercuri A-M., Trevisan Grandi G. and Cremaschi M., 1997; Trace polliniche della savane di transizione sahariens-sahélienne a 6825 ± 90 BP nella grotta Mathendoush (Messak Sattafet, 26°N 11°E Sahara Centrale), in: Studi in ricordo di Daria Bertolani Marchetti: 405-413.
- Merker E., 1960; Der einfluss des baumzustandes auf die ubervermehrung einiger waldschddlinge., Z. Angew. Ent., 46: 423-444.
- Messerli B. and Kienholz H., 1981; Sahara - Exkursion 1973, geographica Bernensica, Geographisches Institut der Universit t Bern.
- Meyer F., 1962; Das Altern der Baume, Mitt. Dt. Dendrol. Ges. 62: 59 p.
- Mimouni M., 1988; Situations météorologiques exceptionnelles de l'hiver 1987-1988 dans le sud de l'Algérie, veille climatique satellitaire 23, ORSTOM/CMS Lannion, pp. 37-43.
- Mingoia Q., 1934; Essential oil from cypress cones., Ann. Chim. Applic., 24: 247-257.
- Mitton J.B., 1992; The dynamic mating system of Conifers., New For., 6: 197-216.
- Moerman D.E., 1998; Native American Ethnobotany. Timber Press: Portland, 400 p.
- Monod Th., 1954; Modes " contracté " et " diffus " de la végétation saharienne (35-37). In Biology of désert, London, The Institut of Biology, 224 p.
- Monod Th., 1958; Majabat al Koubrâ, Contribution à l'étude de l'Empty Quarter ouest saharien., Mém. 52, IFAN, Dakar, 407 p.
- Monod Th., 1968; Les bases d'une division géographique du domaine saharien., Bull. IFAN, 30(1): 269-288.
- Motl O. and Paknikar S.K., 1968; On terpenes. CXCI. Composition of the oil from *Cupressus funebris* Endl. leaves., Coll. Czech. Chem. Communs, 33: 1934-1942.
- Müller M., 1981; Rapport de la mission au Parc National du Tassili à l'occasion de l'expédition Tarout, Rapport ronéo, archives OPNT, Djanet, 4 p.

- Murat M., 1944; Esquisse phytogéographique du Sahara occidental., Trav. Com. Et. Biol. Acridien, I. Alger.
- Murray M. J. and Hefendehl F. W., 1973; Changes in monoterpene composition of *Mentha aquatica* produced by gene substitution from high limonene strain of *Mentha citrate*. *Phytochemistry*, 12(8):1875-1880.
- Muzzolini A., 1986; L'art rupestre préhistorique des massifs centraux sahariens. Cambridge Monographs in African Archaeologia 16, BAR International ser. 318p.
- Neumann K., 1988; Die bedeutung von Holzkoholeutersuchungen für die Vegetationsgeschichte der Sahara - das Beispiel Fachi/Noger. *Wiirzb. Geogr. Arb.*, 69: 71-85.
- Nicholson R. and Garcia-Bialo B., 1999; Observations on the propagation of *Cupressus dupreziana*, an endemic conifer of the Sahara Desert., *Botanic Garden Conservation News*, 3(3): 49-50.
- Nicholson R., 1985; The intrusion and deformation of Tertiary. Minor sheet intrusions, West Suardal, Isle of Skye, Scotland. *Geol J.*, 20: 53-72.
- Nicholson R., 1991; A Far Plateau., A few Ancient cypress Tree Bear witness to once green Sahara., *Natural History*, 9: 22-29.
- Nicole M., 1998; Aperçu de l'aromathérapie. *Info-essences*, Bulletin sur les huiles essentielles, 2: 4-5
- Ozenda P., 1977; La flore du Sahara, Paris, CNRS, 622 p.
- Ozenda P., 1991; Flore et Végétation, 3<sup>ème</sup> Ed. Paris : Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) ; 662p
- Papageorgiou A.C., Panetsos K.P. and Hattemer H.H., 1994; Genetic differentiation of natural Mediterranean cypress (*Cupressus sempervirens* L.) population in Greece., *For. Genet.*, 1: 1-12.
- Pauly G., Douce R. and Carde J.P., 1981; Effects of  $\alpha$ -pinene on spinach chloroplasts photosynthesis., *Z. Pflanzenphysiol.*, 104: 199-206.
- Pauly G., Yani A., Piovetti L. and Bernard-Dagan C., 1983; Volatile constituents of the leaves of *Cupressus dupreziana* and *Cupressus sempervirens.*, *Phytochemistry*, 22(4): 957-959.
- Pelfini M., Cremaschi M., Arsuffi L., Di Mauro V., Santilli M. et Zerboni A., 2001 ; Tree-rings of *Cupressus dupreziana* from the wadi Tanezzuft area (NW Fezzan, Libyan Sahara) A source of paleoclimatic information for the Middle and late Holocene of the Central Sahara., Past climat through Europe and Africa, August 27-31, 2001, Centre des congrès Aix en Provence, France.
- Pellecuer J., Jacob M., Simeon de Buechberg M. and Allegrini J., 1998; Therapeutic value of the cultivated montain savory (*Satureia montana* L.: *Labiatae*) ., *Acta Hort.*, 96: 213-216.

- Pelt J.M., 1997; *Plantes en péril.*, Ed. Fayard, Paris, 256 p.
- Pepeljnjak S., Kosalec I., Kalodera Z. and Blazevic N., 2005; Antimicrobial activity of Juniper berry essential oil (*Juniperus communis* L., *Cupressaceae*)., *Acta Pharm.*, 55: 417-422.
- Pepeljnjak S., Kosalec I., Kalodera Z. and Blazevic N., 2005; Antimicrobial activity of Juniper berry essential oil (*Juniperus communis* L., *Cupressaceae*)., *Acta Pharm.*, 55: 417-422.
- Pichot C., Borrut A. and El-Maâtaoui M., 1998, Unexpected DNA content in the endosperm of *Cupressus dupreziana* A. Camus seeds and its implications in the reproductive process. *Sex. Plant. Reprod.*, 11 : 148-152.
- Pichot C., El-Maâtaoui M., 2000, Unreduced diploid nuclei in *Cupressus dupreziana* A. Camus pollen, *Theor Appl Genet*, 101 : 574-579.
- Pichot C., El-Maâtaoui M., Raddi S. and Raddi P., 2001; Surrogate mother for endangered *Cupressus*, *Nature*, 412: 39.
- Pichot C., Fady B. and Hochu I., 2000; Lack of mother tree alleles in zymograms of *Cupressus dupreziana* A-Camus embryos., *Annals of Forest Science*, 57(1): 17-22
- Pintore G., Usai M., Bradesi P., Juliano C., Boatto G., Tomi F., Chessa M., Cerri R. and Casanova J., 2002; Flavour and Fragr. J., 17: 15-19.
- Piovetti L and Diara A, 1982 ; Tropolones study of *Cupressus dupreziana* A. Camus., *Comptes rendus de l'académie des sciences série H*, 294(3): 185-186
- Piovetti L. and Diara A., 1977; Sesquiterpenes from *Cupressus dupreziana*, *Phytochemistry*, 16(1): 103-106.
- Piovetti L., 1981 ; Contribution a l'étude chimiotaxinomique de *Cupressus dupreziana* A. Camus., Doctorat es sciences physiques, Acad. De Montpellier, Univ. Perpignan, 170p.
- Piovetti L; Combaut G and Diara A, 1980a; Oxygenated monoterpenes and sesquiterpenes of *Cupressus dupreziana*., *Phytochemistry*, 19(10): 2117-2120
- Piovetti L; Francisco C; Pauly G; Benchabane O.; Bernarddagan C and Diara A, 1981a; Volatile Constituents of *Cupressus dupreziana* and the sesquiterpenes of *Cupressus sempervirens*., *Phytochemistry*, 20(6): 1299-1302
- Piovetti L; Gonzalez E and Diara A, 1980b; Diterpene composition of *Cupressus dupreziana* and *Cupressus sempervirens*., *Phytochemistry*, 19(12): 2772-2773
- Piovetti L; Yani A; Combaut G and Diara A, 1981b; Waxes of *Cupressus dupreziana* and *Cupressus sempervirens*., *Phytochemistry*, 20(5): 1135-1136

- Pochon J., de Barjac H., et Lajudie J., 1957; Recherches sur la microflore des sols sahariens. Ann. Inst. Pasteur, 92(6): 833-835.
- Pomilio A. B., Buschi C. A., Tomes C. N. and Viale A.A., 1992; Antimicrobial constituents of *Gomphrena martiana* and *Gomphrena boliviana*. Journal of Ethnopharmacology, 36: 155-156.
- Pons A. et Quézel P., 1957; Première étude palynologique de quelques paléosols sahariens., Trav. Inst. Rech. Sahar. Univ. Alger, 16: 15-40.
- Pons A. et Quézel P., 1958, Première remarques sur l'étude palynologique d'un guano fossile du Hoggar, C.R. Acad. Sc. Paris, 244: 2290-2292.
- Quézel P. et Barbero M., 1993; Variations climatiques au Sahara et en Afrique sèche depuis le pliocène : enseignements de la flore et de la végétation actuelles., Bull. Ecol., 24 (2-3-4): 191-202.
- Quézel P. et Martinez Cl., 1959; Le premier inter pluvial au Sahara central. Essai de chronologie palynologique et paléoclimatique., Libyca, 6-7: 211-227.
- Quézel P. et Martinez Cl., 1962; Premiers résultats de l'analyse palynologique de sédiments recueillis au Sahara méridional: 313-327, In Mission Berliet-Ténére-Tchad. Documents Scientifiques, Ed. Arts et Métiers graphiques, Paris.
- Quézel P. et Santa S., 1962-1963, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, CNRS, Paris, Tome I et II ,1170 p.
- Quézel P., 1954 ; Contributions a la flore de l'Afrique du Nord. IV Contribution a la flore du Hoggar., Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du N., 44: 55-67.
- Quézel P., 1954a; Contribution a l'etude de la flore et de la végétation du Hoggar., Trav. Inst. Rech. Sah., Monogr. régionales, 2: p. 164, 10 pl..
- Quézel P., 1954b; A propos d'une mission botanique dans le massif du Hoggar., Bull. Liais. Sahar., 17: 107-113.
- Quézel P., 1958; Quelques aspects de la dégradation du paysage végétal au Sahara et en Afrique du Nord., Un. Int. Conserv. Nat. Athènes.
- Quézel P., 1958a, Mission botanique au Tibesti, Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, 4: 357p.
- Quézel P., 1958b; Premières remarques sur l'étude palynologique d'un guano fossile du Hoggar., C.R. Acad. Sc., Paris, 244: 2290-2292.
- Quézel P., 1960; Flore et palynologie saharienne. Quelques aspects de leur signification biogéographique et paléoclimatique. Bull. I.F.A., A, 22 :353-360
- Quézel P., 1965; La végétation du Sahara, du Tchad à la Mauritanie., Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 333 p.
- Quézel P., 1978; Analysis of the flora of mediterranean and Sahara Africa, Ann. Missouri Bot. Gard., 65: 479-534.



- Quézel P., Barbero M., Benabid A. et Rivas-Martinez S., 1994; Le passage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur le revers méridional du Haut Atlas oriental (Maroc)., *Phytocoenologia*, 22 : 537-582.
- Quézel P., Barbero, M., Benabid, A. et Rivas-Martinez, S., 1994; Le paysage de la végétation méditerranéenne à la végétation saharienne sur les revers méridional du Haut Atlas oriental (Maroc)., *Phytocoenologia*, 22(4): 537-582.
- Raddi S. and Sümer S., 1999; Genetic diversity in naturel *Cupressus sempervirens* L. populations in Turkey., *Biochemical Syst. Ecology*, 27: 799-814.
- Raffa K. F. and Berryman A. A. 1982a; Accumulation of monoterpenes and associated volatiles following inoculation of grand fir with a fungus transmitted by the fir engraver, *Scolytus ventralis* (Coleoptera:Scolytidae). *The Canadian Entomologist*. 114: 797-810.
- Raffa K. F. and Berryman A. A., 1982b; Physiological differences between Iodgepole pines resistant and susceptible to the mountain pine beetle and associated microorganisms. *Environmental Entomology*. 11: 486-492.
- Rios J.L., Recio M.C. and Villar A., 1988; Screening methods for natural products with antimicrobial activity., *Journal of Ethnopharmacology*, 23: 127-140.
- Rivkind L., 1929 ; Etudes des terres du Sahara., *Archiv. Inst. Pasteur d'Algérie*, VII: 88-103.
- Rockwood D.L., 1973; Variation in the monoterpene composition of two oleoresin systems of loblolly pine., *For. Sci.*, 19: 147-153.
- Rognon P., 1976a ; Essai d'interprétation des variations climatiques au Sahara depuis 40000 ans. *Rev. Géogr. Phys. et de Géol. Dynam.*, (2) XVIII (2-3): 251-282.
- Rognon P., 1976b ; Les oscillations du climat saharien depuis 40 millénaires. Introduction à un vieux débat. *Rev. Géogr. Phys. et de Géol. Dynam.*, (2), XVIII (2-3): 147-156.
- Sahki A. et Sahki R. ; 1991 ; Rapport de mission dans le massif de l'Ahelhag (Ahaggar), juillet-août 1991, *Archive INRF*, Alger, 4 p.
- Sakhatov E. and Belova N.V., 1968; A chemical study of essential oils derived from *Cupressus* cultivated in Azerbaidzhan., *Farmatsiya (Moscou)*, 17(9): 33-39.
- Sandra P. and Bicchi C., 1987; *Capillary Gas Chromatography in Essential oils analysis.*, Edited by C. Bacchi- Huethig Verlag, Heidelberg, Germany, 259-328
- Santos E.A., Cunha G.M.A., Viana G.S.B., Rao V.S.N., Manoel A.N. and Silveira E.R., 1997; Antibacterial activity of essential oils from *Psidium* and *Pilocarpus* species of plants., *Phytotherapy Research*, 11: 67-69.
- Santos E.A., Cunha G.M.A., Viana G.S.B., Rao V.S.N., Manoel A.N. and Silveira E.R., 1997; Antibacterial activity of essential oils from *Psidium* and *Pilocarpus* species of plants., *Phytotherapy Research*, 11: 67-69.

- Sauvage Ch., 1953 ; Les récoltes botaniques des missions de l'office national anti-acridien au Sahara Occidental., Mem. Off. Nat. Anti-Acridien, 28 p.
- Schulz E., 1980; Zur Végétation der ostlichen zentralen Sahara und zu ihrer Entwicklung im Holozan, Wurzburger Geographische Arbeiten, 51: 194 p.
- Schulz E., 1991; Holocene environments in the Central Sahara, Hydrobiologia, 214: 359-365.
- Schulz E., 2000, Présent vegetation. In : Schulz, E., Agwu, Ch., Dupont. L., Jahns, S., Salzmann, U. (eds) The Holocene landscape and vegetation history of northern and western Africa. A palaeoecological atlas. [www.uni-wuerzburg.de/geographie/fachi/pal-atlas-afrika/index-atlas.htm](http://www.uni-wuerzburg.de/geographie/fachi/pal-atlas-afrika/index-atlas.htm)
- Schulz E., Knopf P. and Stüzel Th., 2005; Identification key to the cupress family (*CUPRESSACEAE*), Feddes Repertorium, 116(1-2): 96-146.
- Schwan T., 1994; Planting depth and its influence on survival and growth., A literature review with emphasis on jack pine, Tech Rep. TR-01, 13p.
- Serre-Bacher F, Guiot J (1987) Summer temperature changes from tree-rings in the Mediterranean area during the last 800 years. In Berge W, Labeyrie L (eds), Reidel, Dordrecht, pp. 89-98
- Serre-Bacher F, Guiot J, Tessier L (1992) Dendroclimatic evidence from southwestern Europe and northwestern Africa. In Bradley R, Jones PD (eds) Climate since A.D. 1500. Routledge, London
- Sfiras J., 1938a; Cypress oil from Kenya., Roure-Bertrand Fils, Recherches, 2(7): 111-119.
- Sfiras J., 1938b; Oil of cypres from Kenya., Roure-Bertrand Fils, Recherches, Mar., 3: 17.
- Silba J., 1981; Revised generic concepts of *Cupressus* L. (*cupressaceae*), Phytologia, 49(4): 390-399.
- Silba J., 1983; Addendum to a revision of *Cupressus* L. (*Cupressaceae*), Phytologia, 52(5): 349-361
- Silba J., 1986; An international census of the coniferae., Phytologia memoir n°8, Corvallis, OR : H.N. Moldenke and A.L. Moldenke.
- Simonneau P. et Debazac E.F., 1961; Les Cyprès des Ajjer., Rev. Forest. Fr., 2: 90-67.
- Simonsen J.L., 1923; Oil of *Cupressus Torulosa* D., Don. Indian For. Records, 10: 1.
- Sivropoulou A., Papanikalaou E., Nicalaou C, Kokkini S., Lanaras T. and Arsenakis M., 1996 ; Antimicrobial and cutotoxic activities of *origanum* essential oils., J. Agric. Food Chem., 44: 1202-1205
- Slavuchinske Feio, S., Gigante, B., Roseiro, C. and Marcelo-Curto, M.J., 1999; Antimicrobial activity of diterpene resin acid derivatives., Journal of Microbiological Methods, 35: 201-206.

- Smerak P., Smerakova L. et Haagerova-Woltga R., 1975 ; Expédition Sahara, Rapport ronéo., archives OPNT, Djanet, 12 p.
- Smith R.H., 1966; The monoterpene composition of *Pinus ponderosa* xylem resin and of *Dendroctonus brevicomis* pitch tubes., *Forest Sci.*, 12(1): 63-68.
- Smith, R.H., and R.E. Lee, III. 1972; Black turpentine beetle., USDA Forest Service., Forest Pest Leaflet 12. Accessed 23 Nov 2004, at: <http://www.barkbeetles.org/btb/btb12.html>.
- Söderberg T.A., Gref R., Holm S., Elmros T. and Hallmans, G., 1990; Antibacterial activity of rosin and resin acids in vitro. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery* 24: 199-205.
- Soulé M. E., 1980; Thresholds for survival: maintaining fitness and evolutionary potential. Dans *Conservation biology, an evolutionary-ecological perspective.*, Eds. M. E. Soulé and B. A. Wilcox, Sinauer, Sunderland, USA.
- Squillace A.E., 1971; Inheritance of monoterpene composition in cortical oleoresin of slash pine., *Forest. Sci.*, 17: 381-387.
- Squillace A.E., Wells O.O. and Rockwood D.L., 1980; Inheritance of monoterpene composition in cortical oleoresin of Loblolly pine., *Silvae Genetica*, 29: 141-152.
- Stearns S. C., 1989; Trade-offs in life-history evolution., *Functional Ecology* 3: 259-268
- Stenhagen E., Abrahamsson S. and Mc Lafferty F. W., 1974; Eds. Registry of Mass Spectral Data. I, II Wiley and Son's, New York
- Tabacchi R., Garnero J. and Buil P., 1975; Chemical composition of the essential oil from twigs of algerians cypress., *Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piante off., Arami, Saponi, Cosmet., aerosol*, 57(4): 221-247.
- Tabacchi R., Garnero J. and Buil P., 1978; Presence of an ester of 2(E) 4(Z)-decadienol and diterpenes in Cypress (*Cupressus sempervirens*) essential oil., *Helv. Chim. Acta*, 58(4): 1184-1187.
- Tabari M., Saeidi H.R., Alavi-Panah K., Basiri R. and Poormadjidian M. R., 2007; Growth and survival response of potted *Cupressus sempervirens* seedlings to different soils., *Pakistan J. Biol. Sci.*, 10(8): 1309-1312.
- Tabari M., Saeidi HR., Alavi-Panah K., Basiri R. and Poormadjidian MR., 2007; Growth and survival response of potted *Cupressus sempervirens* seedlings to different soils., *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(8): 1309-1312.
- Tassou C.C. and Nychas G.J.E., 1995 ; Antimicrobial activity of essential oil of Mastic Gum (*Pistacia lentiscus* var. Chia) on Gram positive and Gram négative bacteria in brothe and in midel food system., *J. Inter. Biodet. Biodeg.*, 3: 411-420.

- Thinon M., Ballouche A. and Reille M., 1996; Holocene vegetation of the central saharian mountains: the end of the myth., *The Holocene*, 6(4): 457-462.
- Van Campo M., 1958 ; Analyse pollinique des dépôts wurmiens d'El-Guettar (Tunisie)., *Veroff. Geobot. Inst. Rübel, Zurich*, 34: 133-135.
- Vedrenne G., 1982 ; l'Analyse multivariable de la mise en évidence d'indicateurs biologiques ; application à l'étage méditerranéen de Provence calcaire. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle. Aix Marseille III, 120p + annexes.
- Walter J., 1988 ; Les acides résiniques et les hydrocarbures di terpéniques du pin maritime *Pinus pinaster* Ait. Identification, biosynthèse et isolement de systèmes enzymatiques. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Bordeaux I, 109 p.
- Wilkinson, R.C., 1980; Relationship between cortical monoterpenes and susceptibility of eastern white pine to white-pine weevil attack. *For. Sci.*, 26(4): 581-589.
- Wright S., 1946 ; Isolation by distance under system of mating., *Genetics*, 31: 39-59.
- Yacono D., 1968 ; Essai sur le climat de montagne du Sahara: l'Ahaggar, T. I. R.S., T. XXVII : 161p.
- Yamashita T., Kasuyab N., Nishimurac S. and Takedad H., 2004; Comparaison of two coniferous plantations in central Japan with respect to forest productivity, growth phenology and soil nitrogen dynamics., *Forest Ecol. Manage.*, 200: 215-225.
- Yani A., Baradat P. and Berbard-Dagan C., 1981; II. Chemiotaxonomy of *Cupressus* species., CEC, Agrimed research program, Progress in EEC research on cypress diseases, Report Eur. 12493 EN, pp. 29-38.
- Yousfi M., 1984 ; Etude géochimique et isotopique de l'évaporation et de l'infiltration en zone non saturée sous climat aride Beni Abbès, Algérie., thèse 3ème cycle, Paris, 274p.
- Zavarin E., Critchfield W.B. and Snajberk K., 1971a; Composition of the cortical and phloem monoterpenes of *Abies lasiocarpa.*, *Phytochemistry*, 10(12): 3229-3237.
- Zavarin E., Snajberk K., Reichert T. and Tsien E., 1970; on the geographical variability of the monoterpene from cortical blister oleosin of *Abies lasiocarpa.*, *Phytochemistry*, 9(2): 377-395.

Annexe 1 : les groupes Phytoécologiques

		A											B	
		A1	A2								A3			
			A21				A22							
		0 0 0 0 0 2 2 2	0 0 3 3 3 4 4 0 2 2 2	0 2 4 4 4 3 1 3 4 1 1 3 1 1 3 3 3 4 1 1 1	1 1	2 2 4 4 3 5 2 5 4								
		1 4 5 2 3 0 1 3	6 7 0 2 4 5 6 8 5 2 4	9 9 1 2 4 3 2 7 3 6 3 9 4 9 5 8 6 0 0 7 1	5 8	6 8 7 8 1 0 7 1 9								
<i>Cupressus dupreziana</i>	51	+++++	+3+++++	2+++++	++	+++++								
<i>Teucrium polium</i>	35	+. . +++++	. . + . 1 ++ . +++	. +++++ . +++++ . +++++ . 1 +	++	. + . . + . . + .								
<i>Pulicaria crispa</i>	34	+ . + . . . ++	++ . 2 +++++	. + 2 + 2 + . 2 . + . . . + . 1 4 . + . 2 .	1 2 . 2 + 2 2 . 2									
<i>Helianthemum lippii</i>	31	++++ . . . .	. + 3 . . + 3 . ++ .	++ 3 2 + + 1 . + + . + 2 + . . . . + 1 . 2 1	++	. . + + + . . 2								
<i>Scirpus holoschoenus</i>	31	+ . . . . . .	+ 3 . 2 2 . . . +++	+ . . 1 . + 2 + . + + + . . 2 2 + . + 2 . 3 .	++	2 2 2 2 + + 1								
<i>Pituranthos chloranthus</i>	30	+ . + . + + + .	+ . + + + 2 . + . +	. 2 3 + 1 . . 2 1 . . + . . 1 + + 2 . . 1 . .	++	. . + + + 2 2 . .								
<i>Anvillea radiata</i>	30	. . . + . . . .	1 . 1 + + + 2 . + . +	+ 1 2 + + + . + + . . + + . + + + + + 1 . . .	++	. + . + . + . .								
<i>Salvia aegyptiaca</i>	25	+++ . + + + .	. . + + . . . . + + +	+ . + . + + . + + . . + . . + 3 + + + +	. . . . . . . . . .									
<i>Rhus tripartita</i>	25	. . . + + . + .	. 1 . + . . . 1 + . .	+ . . + + + 2 + + + 2 + + + . + + . + + +	3 . . . . . . . . . .									
<i>Myrtus nivellei</i>	24	. + + . + . + +	. + . . + . . + . + .	. . . + + . 2 + . + 2 . . . . + + . + + +	2 . . . + 1 . . . 2 .									
<i>Cymbopogon schoenanthus</i>	23	. . + . . . + .	. . 2 . . 4 2 . . + .	. 2 3 + 1 + + 3 4 . . 2 . . + + + 1 + 2 +	. . . . . 2 . . . .									
<i>Artemisia campestris</i>	23	. + . . + . . +	2 3 . 2 1 . . + + + .	3 2 . . . . . . . . . . . . . . + . . . 3 .	1 2 2 1 + 3 2 4 3									
<i>Globularia alypum</i>	23	. + . + + . + .	. . . + . + + . . . +	. . 2 + . . 2 3 + + 3 + 4 . . + + + . . 1 . .	. . . . . + + . . . .									
<i>Zilla spinosa</i>	22	. . . . + . . .	+ 2 + 1 2 . . . . . .	2 3 + . . + . . . . 2 . . + . . . . + 1 . 2 . .	2 + + + + + . 2									
<i>Linaria aegyptiaca</i>	21	+ + . . + . . .	. . . . + + . + + +	+ . + + . . . + . . + . . . + + + +	. . . + + . + + . . . .									
<i>Bubonium graveolens</i>	21	. + + . . . + +	. . + . . . . 1 . . +	2 + . . . . 2 + . + . . + . . . . . 3 + 2 1 . .	. + . + . + + .									
<i>Aristida adscensionis</i>	20	. . + . + . + +	+ . + . . + + . + + .	. . + 1 . . . + + . + . . . + + . . . . . . . . . .	. . . . . + + . . . .									
<i>Olea laperrini</i>	20	. . . + + + + .	. . . . . + + . + + .	. . . . . + . + + + . . + + + + . + + + . +	. . . . . . . . . .									
<i>Trichodesma africanum</i>	17	+++++	. . . . . + + + +	+ . . . . . . . . . . . . . . . . . . + . +	. . . . + . . . . .									
<i>Lotus jolyi</i>	17	++ . + . . . +	. . . . . . . . . . +	. . + + . . . + + . . 2 . . . + . + + + +	. + . . . . . . . . .									
<i>Limonium sinuatum</i>	17	++ . . . . . .	. . + + + + + . + . .	+ . . + . . . . . + + . . . . . + + . . . . . + + . . .	. . . + . . + . + . . .									
<i>Lavandula antineae</i>	16	++++ . + .	. . . . + . . . . . .	+ . . . . . + . . . . . . . . . . + + . 1 1 +	. . . . + + . . . . .									



<i>Pulicaria inuloides</i>	5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Senecio hoggariensis</i>	5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Dermostachya bipinnata</i>	5	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Artemisia inculta</i>	4	+ . + . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Pennisetum dichotomum</i>	4	+ . . + + . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Andryala rothia</i>	4	+ + . + + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Peganum harmala</i>	4	+ . . . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Marrubium deserti</i>	4	+ . . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Paronychia arabica</i>	4	. . + . . . + +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Trigonella stellata</i>	4	. . + + + . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Fagonia glutinosa</i>	4	. . + . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Anastatica hierochuntina</i>	4	. . + . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Polycarpha repens</i>	4	. . + . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Rumex simpliciflorus</i>	4	. . . + + . + +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Euphorbia dracunculoides</i>	4	. . . . . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Phoenix dactylifera</i>	4	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Aristida tunetana</i>	4	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Anabasis articulata</i>	3	+ . + . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Calligonum azel</i>	3	+ . . . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Matthiola livida</i>	3	+ . . . + . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Morettia canescens</i>	3	. + + . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Helianthemum geniorum</i>	3	. . + + . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Launaea nudicaulis</i>	3	. . . + + . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Silene kiliani</i>	3	. . . . . + + +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Solanum nigrum</i>	3	. . . . . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Amberboa leucantha</i>	3	. . . + . . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Silene villosa</i>	3	. . . . . + +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Filago spathulata</i>	3	. . . . . + . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Medicago laciniata</i>	3	. . . . . + .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .
<i>Ballota hirsuta</i>	3	. . . . . +	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .	. . . . .









Annexe 2 : Populations échantillonnées et mesure dendrométrique

Populations	individus	Cir. (m)	Haut. (m)	Populations	individus	Cir. (m)	Haut. (m)	
Tamrit	1	3.5	8	Ingharouhane	14	2.86	8.5	
	2	2	7		15	1.95	10	
	3	1	7		16	9	10	
	4	4	12		17	3.7	17	
	5	7	11		18	3.56	-	
	6	6	15		19	3.46	13.5	
	7	5	13		20	0.31	2.5	
	8	4	13		21	5.22	19	
	9	7	19		22	6.95	14	
	10	2	10		23		10.5	
	11	4.5	11		24	0.84	10.5	
	12	4.5	11		25	0.69	10.5	
	13	7	19		26	2.68	15.5	
	14	5	10		27	4.26	16	
	15	1	9		28	4.5	12	
	16	1	8		29	5.68	14	
	17	4	11		30	4	8	
	18	4	13		Tintachkount	1	3.4	10
	19	7.5	19			2	3.5	12
	20	1.5	11			3	4.7	15
	21	6	16			4	3	8
			5	3.45		12		
Adjoundjount	1	7.8	19	6	5,1	15		
Ikerfafadaoune	1	6	13	Adarintaklit	1	7.5	17	
Allaghindment	1	6.4	15		2	4.5	16	
	1	9.40	23		3	4.5	15	
	2	5.40	16.5		4	2.4	10	
Reyeye	3	2.30	8		5	5.2	13	
	1	2.50	27.5		6	5	11	
	2	3.50	12		Amazar	1	3.14	8
Tichwinet	3	3.80	12			2	2.1	13.5
	4	7.40	18			3	9	10
	5	8	10			4	2	7
Tabarekat	5	8	10	5		2.83	6	
Ingharouhane	1	4.36	12	6		4.1	7	
	2	2.9	10	7		6	12.75	
	3	1.2	12	8		10.1	21	
	4	0.90	11.5	9		3.22	10	
	5	9	13	10		9	15	
	6	4.4	16	Canyon	1	2.5	15	
	7	9	17		2	2.5	12	
	8	5	8		3	2.5	12	
	9	5.1	14		4	3	15	
	10	6	12		5	4.5	14	
	11	6.5	13.5		6	10.9	17	
	12	3.35	10		7	2	7	
	13	3.3	10					

Inghaldjiouane	1	4.35	10.5	Ineledje	2	3.3	12	
	2	3.75	8		3	6	15	
Tinharwida	1	4	-		4	0.3	2.5	
	2	6	10		5	5	12	
	3	5	10		6	3	13	
	4	1.67	7		7	3.3	10	
	5	0.79	6		8	2.4	17	
	6	1	10		9	4.4	20	
	7	3	10		10	3.9	12	
	8	3.5	7		Tihenked	11	4.4	20
	9	3	10			12	3.7	19
	10	6	17		Allossar	1	6.5	15
	11	2.5	12	2		8.5	13	
	12	5.8	12	Tintarout1		1	8	18
13	4	12	2		7.1	20		
Tifeteste	1	6	13		3	8	16	
	2	7	12		4	6	10	
	3	7	20		5	4	7	
	4	3	12	Tassendjoute	1	1.7	7	
	5	3	12		2	3.9	11	
	6	2.5	10		3	1.7	-	
	7	2	7		4	3.3	15	
	8	2	8		5	4.3	12	
	9	2	5		6	7.4	19	
Djabarene	1	2	6		7	8.1	15	
In awarhed	1	2	7		8	5.6	10	
Djanet	1	0.5	2.5		Tintarout2	9	4.1	7
	2	0.4	2.5	1		3.4	17	
	3	0.5	2.5	2		1.4	18	
	4	0.4	3	3		1.5	12	
	5	0.4	3	4		-	-	
Aouarneni	1	0.7	-	5	-	-		
Essadjane	1	0.8	7					

Populations	Elle prend le nom du lieu de récolte de l'individu (localité du Tassili n'Ajjer)
Individus	Numérotation des individus d'amant en aval des Oueds à cypres
Cir. (m)	Circonférence de l'individu en mètre
Haut (m)	La hauteur des individus en mètre

Annexe 3 : Monoterpènes des populations du *Cupressus dupreziana* du Tassili n'Ajjer

Individu	N° Individu	Tricyclène	thujène	$\alpha$ -pinène	fenchèn	camphène	sabinène	$\beta$ -pinène	myrcène	$\alpha$ -phellandrène	$\Delta^3$ -carène	p-cimène	limonène	trans ocimène	$\gamma$ -terpinène	terpinène	linalool	terpinène-4ol	methyl thymol	linalyl acétate	bornyl acétate
Awarhed	1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Djabarene	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ikerfadaoune	1	0,2	0,1	34,2	0,4	0,0	0,2	1,1	1,6	0,0	17,7	0,2	1,0	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Allaghndment	1	0,1	0,1	32,1	0,5	0,0	0,2	1,0	1,6	0,0	20,8	0,2	1,2	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Adjoundjoute	1	0,1	0,1	38,5	0,5	0,0	0,4	1,1	1,9	0,0	21,5	0,2	1,7	0,0	0,1	1,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
Tintatait	1	0,1	0,1	32,3	0,7	0,0	0,6	1,1	2,5	0,0	26,5	0,1	3,3	0,1	0,1	2,6	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
Amassadjou	1	0,1	0,1	34,2	0,5	0,0	0,3	1,0	1,8	0,0	20,0	0,2	1,6	0,1	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aouarneni	1	0,1	0,1	24,0	0,6	0,0	0,5	0,8	1,9	0,0	22,6	0,2	6,4	0,0	0,1	2,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
Amazak	1	0,1	0,1	30,3	0,8	0,0	0,4	1,0	2,0	0,0	28,7	0,3	2,8	0,1	0,1	2,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,0
Taroundoumt	1	0,1	0,0	30,4	0,2	0,1	0,4	0,9	1,7	0,0	9,9	0,1	1,3	0,0	0,1	1,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Essadjene	1	0,0	0,1	30,4	1,1	0,0	0,6	1,0	2,4	0,0	30,1	0,2	5,0	0,1	0,1	3,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,1
Tihankad	1	0,1	0,1	26,1	0,6	0,0	0,3	0,8	1,9	0,0	25,1	0,2	2,5	0,0	0,1	2,4	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	27,5	0,6	0,0	0,4	0,9	2,0	0,0	24,9	0,2	2,4	0,1	0,1	2,9	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1
Allossar	1	0,1	0,1	31,3	0,8	0,0	0,4	0,8	1,8	0,0	30,3	0,2	3,5	0,1	0,1	2,3	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1
	2	0,1	0,1	32,4	0,5	0,0	0,4	1,0	1,9	0,0	22,1	0,2	1,7	0,0	0,1	2,2	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Inhatim	1	0,1	0,1	28,1	0,2	0,1	0,4	1,0	1,6	0,0	8,3	0,1	1,3	0,0	0,1	1,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	30,5	0,6	0,0	0,4	1,0	2,3	0,0	26,8	0,2	2,3	0,1	0,1	2,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
Djanet	1	0,1	0,1	39,3	0,3	0,0	0,5	0,9	1,8	0,0	11,9	0,1	1,3	0,0	0,1	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
	2	0,2	0,1	54,5	0,1	0,2	0,7	1,1	1,6	0,0	0,2	0,0	1,6	0,0	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	3	0,2	0,1	44,6	0,4	0,1	0,7	1,1	2,4	0,0	14,3	0,0	1,8	0,1	0,1	1,9	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1
	4	0,1	0,2	40,7	0,6	0,1	1,1	1,0	3,4	0,0	20,6	0,3	2,2	0,1	0,3	1,4	0,0	0,1	0,0	0,5	0,1
	5	0,2	0,2	53,1	0,0	0,1	0,4	1,1	2,6	0,0	0,0	0,1	2,1	0,3	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
	6	0,2	1,3	44,1	0,1	0,1	6,7	1,1	3,0	0,0	0,5	0,1	3,0	0,4	0,1	0,8	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
	7	0,2	0,1	46,5	0,3	0,1	1,0	1,0	2,5	0,0	12,3	0,1	1,7	0,0	0,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
	8	0,1	0,1	36,2	0,8	0,1	0,6	1,9	2,7	0,0	29,2	0,3	2,1	0,1	0,1	2,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,1
9	0,1	0,1	27,2	1,1	0,0	0,5	0,9	1,9	0,0	34,4	0,3	3,6	0,1	0,1	2,1	0,2	1,6	0,0	0,0	0,1	

Ineledje	1	0,1	0,1	35,7	0,5	0,0	0,4	1,1	2,0	0,0	23,1	0,2	2,3	0,1	0,1	2,6	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,0	30,3	0,2	0,0	0,3	0,8	1,3	0,0	8,0	0,1	1,3	0,0	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	31,3	0,9	0,0	0,3	0,9	1,8	0,0	32,0	0,2	3,2	0,0	0,1	2,2	0,1	0,5	0,1	0,1	0,1
	4	0,1	0,1	35,6	0,5	0,0	0,2	0,9	1,4	0,0	22,2	0,2	1,2	0,0	0,0	1,4	0,0	0,2	0,1	0,0	0,2
	5	0,1	0,1	33,0	0,7	0,0	0,3	1,0	1,8	0,0	27,1	0,2	2,5	0,0	0,1	2,2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0
	6	0,1	0,1	35,4	0,3	0,0	0,4	1,1	1,8	0,0	13,9	0,1	1,4	0,0	0,0	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	7	0,1	0,1	33,2	0,7	0,0	0,2	1,0	1,6	0,0	28,0	0,2	1,9	0,0	0,1	1,7	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0
	8	0,1	0,1	41,9	0,5	0,0	0,3	1,3	2,1	0,0	19,7	0,1	1,9	0,0	0,1	1,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	9	0,1	0,1	35,7	0,8	0,0	0,3	1,0	1,9	0,0	32,5	0,2	2,6	0,1	0,1	2,2	0,0	0,4	0,1	0,0	0,2
Tintarout 1	1	0,1	0,1	30,7	0,4	0,0	0,3	1,0	1,7	0,0	19,4	0,1	2,2	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	31,4	0,5	0,0	0,3	1,1	2,0	0,0	20,7	0,2	1,3	0,0	0,0	2,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,0	28,4	0,1	0,1	0,3	0,8	1,3	0,0	5,4	0,1	0,9	0,0	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	4	0,1	0,1	33,5	0,5	0,0	0,4	1,1	1,9	0,0	20,6	0,1	1,7	0,0	0,1	2,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	5	0,1	0,0	26,1	0,1	0,0	0,2	0,6	1,1	0,0	3,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Tassendjout	1	0,1	0,1	30,3	0,7	0,0	0,5	0,9	1,9	0,0	28,0	0,2	4,3	0,1	0,1	2,9	0,1	0,7	0,3	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	28,8	0,5	0,0	0,3	0,9	1,7	0,0	21,6	0,2	1,5	0,0	0,0	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	33,8	0,3	0,0	0,4	1,0	1,8	0,0	13,7	0,1	1,4	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	4	0,1	0,1	34,7	0,4	0,0	0,3	1,0	1,6	0,0	16,2	0,1	2,1	0,0	0,0	1,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	5	0,1	0,1	29,5	0,4	0,0	0,3	0,9	1,5	0,0	17,1	0,1	1,4	0,0	0,0	1,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1
	6	0,1	0,2	31,0	0,7	0,0	0,3	1,0	2,2	0,0	29,7	0,3	3,0	0,0	0,1	2,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1
	7	0,1	0,1	29,9	0,7	0,0	0,4	0,9	2,0	0,0	29,6	0,2	2,9	0,1	0,1	2,8	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0
	8	0,1	0,1	31,3	0,5	0,0	0,4	0,9	1,8	0,0	22,6	0,2	2,2	0,0	0,1	2,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1
Tintarout 2	9	0,1	0,1	33,0	0,5	0,0	0,3	0,9	1,6	0,0	22,2	0,2	1,7	0,0	0,0	1,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1
	1	0,1	0,1	27,8	0,3	0,0	0,3	0,9	1,5	0,0	13,2	0,1	0,8	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,0	22,4	0,2	0,0	0,2	0,6	1,1	0,0	9,3	0,1	0,6	0,0	0,0	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	33,9	0,3	0,0	0,3	1,0	1,6	0,0	12,0	0,1	1,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	4	0,1	0,1	31,9	0,3	0,0	0,4	1,1	1,8	0,0	14,3	0,1	1,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
Tidedje	5	0,1	0,1	30,0	0,6	0,0	0,2	0,8	1,7	0,0	23,8	0,2	1,2	0,0	0,1	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	1	0,1	0,1	32,3	0,5	0,1	0,6	1,1	2,2	0,0	20,9	0,2	2,7	0,1	0,1	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
	2	0,1	0,1	30,0	0,8	0,1	0,6	1,0	2,0	0,0	24,6	0,3	3,4	0,1	0,1	2,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1
	3	0,1	0,1	24,9	0,8	0,0	0,5	0,8	2,0	0,0	28,1	0,3	3,2	0,1	0,1	2,3	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1
	4	0,1	0,1	27,4	0,7	0,0	0,6	0,9	2,1	0,0	26,6	0,3	3,2	0,1	0,1	2,0	0,1	0,9	0,0	0,1	0,1
	5	0,1	0,1	34,6	0,3	0,1	0,6	1,2	2,0	0,0	11,5	0,1	1,8	0,0	0,0	1,9	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1
	6	0,1	0,0	30,7	0,7	0,1	0,5	1,2	2,3	0,0	27,0	0,3	2,2	0,0	0,0	2,4	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
7	0,1	0,1	23,1	0,9	0,1	0,6	0,8	2,3	0,1	33,5	0,3	2,8	0,1	0,1	3,5	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	

Tidedje	8	0,1	0,1	26,1	1,0	0,0	0,5	0,9	2,2	0,0	33,5	0,4	3,4	0,1	0,1	2,8	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1
	9	0,1	0,1	25,8	0,8	0,0	0,4	0,8	2,1	0,0	30,6	0,3	2,8	0,1	0,1	2,2	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
Tamrit	1	0,1	0,1	27,9	0,6	0,0	0,5	0,8	2,0	0,0	23,7	0,2	3,1	0,1	0,1	2,9	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	26,7	0,8	0,0	0,4	0,8	1,8	0,0	29,6	0,2	2,5	0,1	0,1	2,3	0,1	0,6	0,0	0,1	0,1
	3	0,1	0,1	34,6	0,5	0,0	0,3	1,1	1,8	0,0	21,0	0,1	1,6	0,0	0,0	1,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	4	0,1	0,1	29,3	0,7	0,0	0,5	1,0	2,2	0,0	30,3	0,2	2,7	0,1	0,1	3,2	0,1	0,4	0,0	0,0	0,2
	5	0,1	0,1	29,9	0,5	0,0	0,5	0,8	1,9	0,0	22,4	0,2	2,8	0,0	0,1	2,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	6	0,1	0,1	34,0	0,5	0,1	0,5	1,2	2,2	0,0	19,8	0,2	1,5	0,1	0,1	2,7	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	7	0,1	0,1	29,7	0,6	0,0	0,4	0,9	1,9	0,0	24,3	0,2	2,1	0,0	0,1	2,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	8	0,1	0,1	38,0	0,5	0,0	0,4	1,1	1,9	0,0	19,2	0,2	1,5	0,0	0,0	1,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	9	0,1	0,0	25,8	0,1	0,0	0,3	0,8	1,3	0,0	6,3	0,0	0,8	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10	0,1	0,1	33,5	0,9	0,0	0,5	1,1	2,4	0,0	33,7	0,3	2,9	0,1	0,1	3,2	0,0	0,4	0,0	0,0	0,1
	11	0,1	0,1	31,6	0,5	0,0	0,5	1,1	2,2	0,0	21,7	0,2	1,7	0,0	0,1	2,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	12	0,1	0,0	27,7	0,1	0,0	0,2	0,7	1,3	0,0	7,5	0,0	0,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	13	0,1	0,0	34,6	0,2	0,1	0,4	1,0	1,6	0,0	8,4	0,1	1,3	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	14	0,1	0,1	29,7	0,9	0,0	0,4	0,9	2,1	0,0	33,7	0,3	2,4	0,1	0,1	2,6	0,1	0,5	0,0	0,0	0,1
	15	0,1	0,1	24,9	0,8	0,0	0,3	0,9	2,1	0,0	31,5	0,3	2,7	0,1	0,1	2,6	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1
	16	0,1	0,1	34,0	0,3	0,0	0,5	1,0	1,9	0,0	13,8	0,1	1,6	0,0	0,0	1,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	17	0,1	0,1	29,0	0,7	0,0	0,2	0,9	1,6	0,0	28,8	0,2	2,4	0,0	0,1	1,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1
	18	0,1	0,1	27,3	0,7	0,0	0,3	0,9	1,8	0,0	27,7	0,2	2,8	0,1	0,1	2,5	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	19	0,1	0,0	23,5	0,1	0,0	0,2	0,6	1,1	0,0	4,7	0,0	0,6	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20	0,1	0,1	35,8	0,6	0,0	0,3	1,0	1,8	0,0	25,6	0,2	1,6	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	21	0,1	0,1	40,2	0,7	0,0	0,2	1,3	2,2	0,0	29,6	0,2	1,7	0,0	0,0	1,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
Tinharwida	1	0,1	0,1	34,9	0,4	0,1	0,5	1,3	2,2	0,0	19,3	0,1	1,8	0,1	0,1	2,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	34,0	0,4	0,0	0,5	1,2	2,1	0,0	16,7	0,1	1,6	0,0	0,1	2,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	26,8	0,6	0,0	0,4	0,8	1,8	0,0	25,5	0,2	1,9	0,1	0,1	2,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	4	0,2	0,1	29,3	1,2	0,0	0,4	0,8	1,5	0,0	31,0	0,4	3,1	0,0	0,1	1,5	0,2	0,8	0,2	0,0	0,0
	5	0,1	0,1	38,3	0,7	0,0	0,3	1,2	2,1	0,0	28,0	0,2	1,8	0,0	0,1	1,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1
	6	0,1	0,1	32,3	0,9	0,0	0,1	0,8	1,5	0,0	33,5	0,2	1,7	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1
	7	0,1	0,1	35,3	0,5	0,0	0,5	1,1	2,0	0,0	20,4	0,2	1,8	0,0	0,1	2,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
	8	0,1	0,1	35,2	0,5	0,0	0,4	1,0	1,9	0,0	20,7	0,2	1,6	0,0	0,0	1,6	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1
	9	0,1	0,0	25,4	0,1	0,0	0,2	0,6	1,1	0,0	4,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reyaye	1	0,1	0,1	35,3	0,1	0,1	0,5	1,1	1,7	0,0	5,6	0,1	1,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	33,6	0,2	0,0	0,4	1,0	1,6	0,0	11,4	0,1	1,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	27,6	0,9	0,0	0,6	0,9	2,1	0,0	26,9	0,3	3,6	0,1	0,1	3,1	0,2	0,6	0,1	0,1	0,1

Tichwinet	1	0,1	0,1	35,9	0,6	0,0	0,6	1,2	2,4	0,0	22,7	0,2	2,6	0,1	0,1	2,5	0,0	0,3	0,0	0,0	0,1
	2	0,1	0,1	39,5	0,5	0,0	0,4	1,3	2,1	0,0	21,4	0,2	1,8	0,0	0,0	1,8	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
	3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,1	0,1	37,1	0,6	0,0	0,3	1,1	1,9	0,0	26,1	0,2	1,6	0,0	0,0	1,8	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	5	0,1	0,0	35,0	0,2	0,1	0,4	1,1	1,7	0,0	8,1	0,1	1,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ingharouhane	1	0,1	0,1	35,9	0,8	0,0	0,3	1,1	2,2	0,0	28,7	0,2	4,0	0,1	0,1	1,9	0,0	0,3	0,1	0,2	0,0
	2	0,1	0,0	37,5	0,1	0,1	0,5	1,3	1,8	0,0	3,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	36,2	0,5	0,0	0,5	1,3	2,3	0,0	20,6	0,2	1,7	0,1	0,1	2,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
	4	0,1	0,1	32,0	0,8	0,0	0,4	1,1	2,2	0,0	28,5	0,2	2,2	0,1	0,1	2,6	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	7	0,1	0,1	39,0	0,3	0,0	0,5	1,3	2,1	0,0	13,0	0,1	1,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	8	0,1	0,1	35,8	0,4	0,0	0,3	0,9	1,6	0,0	18,1	0,1	1,9	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	9	0,1	0,1	29,6	0,5	0,0	0,6	1,0	2,1	0,0	22,0	0,2	2,0	0,1	0,1	3,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0
	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	11	0,1	0,0	35,0	0,2	0,1	0,5	1,1	1,8	0,0	9,5	0,1	1,1	0,0	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	12	0,1	0,1	35,8	0,4	0,0	0,4	1,2	2,0	0,0	18,2	0,1	1,6	0,0	0,0	1,6	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
	13	0,1	0,1	35,7	0,3	0,0	0,4	1,2	1,9	0,0	14,5	0,1	1,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	14	0,1	0,1	35,6	0,5	0,0	0,3	1,1	2,0	0,0	21,6	0,2	2,8	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	15	0,1	0,1	28,5	0,4	0,0	0,4	1,0	1,8	0,0	16,3	0,2	1,7	0,0	0,1	1,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	16	0,1	0,1	33,1	0,5	0,0	0,4	1,1	2,0	0,0	22,0	0,2	2,0	0,0	0,1	1,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	18	0,1	0,1	34,4	0,4	0,0	0,4	1,1	2,0	0,0	18,8	0,1	1,7	0,0	0,0	1,5	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	19	0,1	0,1	37,2	0,3	0,1	0,5	1,2	1,9	0,0	12,4	0,1	1,4	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	20	0,1	0,1	26,4	0,9	0,0	0,4	0,9	1,9	0,0	31,0	0,3	3,4	0,1	0,1	2,3	0,1	0,7	0,1	0,2	0,1
	21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	22	0,1	0,1	38,0	0,4	0,0	0,5	1,2	2,1	0,0	19,1	0,2	2,4	0,0	0,1	1,6	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	23	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	24	0,2	0,1	40,8	0,3	0,1	0,5	1,4	2,1	0,0	14,3	0,0	2,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
	25	0,1	0,1	39,3	0,6	0,0	0,4	1,3	2,1	0,0	23,6	0,2	1,8	0,1	0,0	1,8	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0
	26	0,1	0,1	31,9	0,7	0,0	0,4	1,1	2,2	0,0	27,0	0,3	2,0	0,1	0,1	2,4	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1
	27	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	28	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	29	0,4	0,1	26,5	0,6	0,3	0,2	1,9	2,2	0,2	19,8	0,4	2,8	0,4	0,9	3,3	0,7	0,9	0,3	0,4	0,3
	30	0,1	0,2	44,3	1,1	0,1	0,4	1,4	2,1	0,1	34,2	0,1	2,7	0,0	0,2	2,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,1



Tintachkout	1	0,1	0,1	34,3	0,5	0,0	0,3	1,1	1,9	0,0	20,5	0,2	1,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0
	2	0,2	0,1	41,0	0,1	0,1	0,4	1,2	1,8	0,0	4,5	0,0	1,2	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5	0,1	0,1	29,8	0,5	0,0	0,3	1,0	2,0	0,0	23,5	0,1	1,6	0,0	0,0	1,9	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0
	6	0,1	0,1	25,1	0,5	0,0	0,3	0,9	1,7	0,0	19,3	0,1	1,4	0,0	0,0	1,8	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
Adarintaklit	1	0,1	0,1	35,8	0,7	0,0	0,3	1,2	2,2	0,0	26,7	0,2	2,4	0,0	0,1	1,5	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0
	2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,1	0,1	28,0	0,7	0,0	0,2	0,8	1,6	0,0	27,3	0,1	2,9	0,0	0,1	1,3	0,0	0,3	0,4	0,1	0,0
	4	0,1	0,1	31,8	0,8	0,0	0,2	1,0	1,7	0,0	29,2	0,3	2,3	0,0	0,1	1,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,1
	5	0,1	0,1	32,0	0,8	0,0	0,3	1,0	2,1	0,0	29,8	0,3	2,8	0,1	0,1	1,5	0,0	0,2	0,5	0,1	0,0
	6	0,1	0,1	31,0	0,3	0,0	0,1	0,8	1,4	0,0	17,2	0,1	1,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
Amazar	1	0,1	0,1	34,3	0,4	0,0	0,2	1,0	1,6	0,0	18,1	0,2	1,6	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0
	2	0,1	0,1	39,2	0,3	0,1	0,5	1,4	2,1	0,0	12,8	0,2	1,5	0,0	0,0	1,4	0,0	0,2	0,8	0,1	0,0
	3	0,1	0,0	35,7	0,2	0,1	0,4	1,1	1,9	0,0	9,5	0,1	1,3	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
	4	0,1	0,1	37,7	0,9	0,0	0,2	1,2	1,8	0,0	32,8	0,2	2,7	0,0	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
	5	0,1	0,1	32,5	0,6	0,0	0,4	1,0	2,1	0,0	24,2	0,2	1,9	0,0	0,1	2,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	6	0,1	0,1	33,8	0,5	0,0	0,3	1,1	2,0	0,0	21,0	0,2	1,8	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	7	0,1	0,1	35,0	0,4	0,0	0,4	1,2	2,0	0,0	18,5	0,2	1,2	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	8	0,1	0,1	36,4	0,2	0,1	0,6	1,2	2,0	0,0	11,0	0,1	1,3	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	9	0,1	0,1	43,0	0,5	0,0	0,3	1,3	2,0	0,0	19,4	0,2	1,7	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10	0,1	0,1	35,6	0,6	0,0	0,3	1,2	2,0	0,0	24,3	0,2	1,6	0,0	0,0	1,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0
Canyon	1	0,1	0,1	39,3	0,5	0,0	0,3	1,3	2,0	0,0	20,0	0,1	2,2	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
	2	0,1	0,1	36,5	0,4	0,0	0,4	1,2	1,9	0,0	16,3	0,2	1,3	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	6	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Inghaldjiouane	1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,0	1,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tinabou	1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tinabou	5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	6	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	8	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	9	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	10	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	11	0,1	0,1	31,8	0,8	0,0	0,4	1,1	2,3	0,0	32,2	0,3	2,9	0,1	0,1	2,6	0,0	0,1	0,7	0,3	0,0
	12	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	13	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Tifetest	1	0,1	0,1	35,8	0,6	0,0	0,5	1,1	2,2	0,0	24,1	0,2	2,2	0,1	0,1	2,3	0,0	0,2	0,1	0,1
2		0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4		0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5		0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6		0,1	0,1	36,5	0,6	0,0	0,5	1,2	2,3	0,0	24,3	0,2	2,2	0,0	0,1	2,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
7		0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8		0,1	0,1	29,2	1,0	0,0	0,4	0,8	1,6	0,0	29,3	0,3	3,6	0,0	0,1	1,6	0,1	0,6	0,1	0,2	0,0
9		0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Annexe 4 : Sesquiterpènes des populations du *Cupressus dupreziana* du Tassili n'Ajjer

Individu	N° Individu	Sylvanyl acétate	terpinène acétate	$\alpha$ -copaène	$\beta$ -bourbère	élémente	$\beta$ -funèbre	caryophyllène	$\beta$ -copaène	$\alpha$ -humulène	$\gamma$ -muurolène	germacrène-d	$\gamma$ -amorphène	$\alpha$ -muurolène	$\delta$ -amorphène	$\gamma$ -cadène	$\delta$ -cadène	4 $\alpha$ -hydroxy-germacrène	caryophyllène époxyde	cedrol	$\delta$ -cadénol
Awarhed	1	0,0	0,0	0,4	0,9	0,4	0,2	4,6	0,6	3,7	3,7	55,8	0,8	1,7	0,3	3,0	6,1	3,4	1,2	1,2	0,7
Djabarene	1	0,0	0,0	0,5	2,3	0,1	3,5	4,1	0,8	2,5	4,2	42,4	0,9	1,6	1,9	4,5	5,0	3,8	3,0	8,1	2,9
Ikerfafaoune	1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	2,0	0,2	1,7	2,6	24,6	0,5	0,7	0,1	1,6	3,5	0,2	0,3	0,1	0,2
Allaghdment	1	0,1	0,2	0,3	0,7	0,2	0,1	2,2	0,3	1,8	2,8	21,8	0,6	0,8	0,2	1,7	3,6	0,4	0,3	0,3	0,1
Adjoundjounte	1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,2	1,5	0,2	1,3	1,5	18,8	0,3	0,5	0,2	1,2	2,1	1,0	0,3	0,6	0,1
Tintatait	1	0,3	0,2	0,2	1,1	0,1	0,0	0,9	0,0	0,1	0,6	19,5	0,1	0,3	0,1	0,5	0,8	0,7	0,2	0,5	0,2
Amassadjou	1	0,1	0,1	0,1	1,6	0,1	0,0	1,4	0,0	0,0	0,9	27,7	0,2	0,4	0,1	1,5	0,9	1,2	0,1	0,3	0,2
Aouarneni	1	0,4	0,1	0,1	0,5	0,0	0,6	1,5	0,1	1,4	0,7	26,6	0,1	0,3	0,9	1,0	1,0	1,0	0,4	1,2	0,4
Amazak	1	0,4	0,3	0,5	1,1	0,0	0,0	1,0	0,0	0,1	1,4	16,5	0,3	0,5	0,1	1,6	1,8	0,7	0,5	1,1	0,3
Taroundoumt	1	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	2,1	0,1	1,9	0,4	43,3	0,1	0,6	0,0	0,3	0,7	1,2	0,1	0,2	0,1
Essadjene	1	0,6	0,2	0,1	0,3	0,0	0,5	0,9	0,0	0,7	0,5	15,5	0,0	0,1	0,2	1,0	0,7	0,7	0,2	0,9	0,3
Tihankad	1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	2,2	0,0	2,1	0,2	52,9	0,0	0,6	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,2	0,1
	2	0,3	0,1	0,1	0,4	0,0	0,1	0,7	0,1	0,6	0,5	9,0	0,1	0,2	0,1	0,8	0,7	0,1	0,4	0,4	0,1
Allossar	1	0,3	0,1	0,2	0,4	0,1	0,4	1,6	0,1	1,3	1,8	23,6	0,1	0,3	0,5	2,1	2,7	0,5	0,3	0,8	0,8
	2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,4	1,6	0,1	1,2	1,4	24,0	0,2	0,2	0,4	1,4	2,1	0,8	0,3	0,7	0,4
Inhatim	1	0,4	0,1	0,2	0,4	0,1	0,4	1,1	0,1	0,9	1,3	15,5	0,0	0,2	0,4	1,4	1,8	0,5	0,3	0,8	0,2
	2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,6	0,1	1,4	1,2	25,4	0,1	0,2	0,5	1,0	1,9	0,6	0,1	0,4	0,4
Djanet	1	0,0	0,0	0,0	2,3	0,1	0,0	2,1	0,0	0,0	0,3	48,4	0,0	0,5	0,0	0,2	0,5	1,5	0,1	0,1	0,3
	2	0,3	0,2	0,2	1,3	0,0	0,0	1,2	0,0	0,1	1,1	22,0	0,2	0,5	0,1	1,1	1,7	0,5	0,2	0,5	0,2
	3	0,3	2,4	0,7	0,7	0,1	0,0	0,8	0,0	0,4	1,0	13,7	0,2	0,4	0,2	0,8	1,4	0,2	0,1	4,1	0,2
	4	0,0	1,3	1,5	0,9	0,3	0,0	0,9	0,0	0,4	0,9	18,2	0,2	0,3	0,1	0,9	1,4	0,3	0,9	8,5	0,5
	5	0,4	2,9	0,0	1,2	0,1	0,1	1,0	0,0	0,5	0,9	19,4	0,2	0,3	0,1	0,6	1,3	0,5	0,3	0,1	0,6
	6	0,6	7,4	0,0	0,9	0,0	0,0	0,8	0,0	0,8	0,8	10,7	0,2	0,4	0,1	0,8	1,5	0,0	0,1	0,0	0,6
	7	0,3	4,8	1,1	1,0	0,2	0,0	0,9	0,0	0,9	1,4	15,4	0,3	0,6	0,3	1,3	2,3	0,1	0,1	5,7	0,6
	8	0,1	2,4	0,0	0,1	0,0	0,7	1,0	0,1	1,1	1,0	21,7	0,2	0,4	0,2	1,2	1,6	1,3	0,1	3,8	0,2

	9	0,3	4,5	0,2	0,0	0,1	1,0	0,6	0,1	0,7	0,5	15,3	0,1	0,3	0,1	0,6	0,6	0,4	0,0	4,7	0,6
Ineledje	1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	1,1	0,0	0,7	0,4	16,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,5	0,6	0,1	0,3	0,2
	2	0,5	0,2	0,1	0,6	0,1	0,7	0,6	0,1	0,6	0,7	11,0	0,1	0,3	0,2	1,2	0,8	0,7	0,5	2,3	0,6
	3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,3	0,1	1,1	0,9	21,4	0,2	0,1	0,4	0,7	1,4	0,8	0,2	0,3	1,0
	4	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,3	0,1	2,0	0,6	44,6	0,4	0,1	0,7	0,4	1,0	1,1	0,1	0,1	1,5
	5	0,4	0,2	0,1	0,5	0,1	0,7	1,1	0,1	0,8	1,2	11,9	0,2	0,2	0,4	1,3	1,6	0,7	0,5	1,3	0,4
	6	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,1	1,6	0,2	1,3	2,4	17,0	1,7	0,3	0,9	1,5	3,1	0,3	0,3	0,2	1,3
	7	0,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	1,3	0,1	1,1	1,5	17,8	0,1	0,3	0,5	1,6	2,2	0,4	0,2	0,4	0,7
	8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,7	0,1	1,5	0,6	32,6	0,4	0,1	0,5	0,4	1,1	1,7	0,1	0,1	1,1
	9	0,3	0,1	0,3	0,4	0,2	0,3	1,4	0,2	1,1	2,5	12,5	0,3	0,4	0,7	2,5	3,6	0,3	0,3	0,5	1,2
Tintarout 1	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	1,3	0,1	1,1	1,1	19,6	0,1	0,2	0,4	0,7	1,7	0,8	0,1	0,1	0,4
	2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	1,2	0,1	0,8	1,5	9,0	0,1	0,3	0,4	1,4	2,1	0,3	0,3	0,5	0,7
	3	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	1,8	0,1	1,5	1,2	29,3	0,1	0,2	0,6	0,9	1,8	0,7	0,2	0,2	1,2
	4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,7	0,1	1,5	1,1	28,7	0,2	0,2	0,5	0,8	1,8	0,7	0,1	0,2	0,5
	5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,5	0,1	2,2	0,4	50,7	0,4	0,0	0,7	0,3	0,8	1,3	0,0	0,1	1,0
Tassendjout	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6	0,1	1,4	1,0	27,2	0,4	0,1	0,5	0,7	1,6	0,8	0,1	0,2	0,2
	2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	2,6	0,0	2,3	0,3	54,7	0,6	0,0	0,7	0,2	0,7	1,8	0,0	0,0	2,4
	3	0,4	0,1	0,1	0,4	0,0	0,5	1,0	0,0	0,8	0,5	18,8	0,0	0,1	0,2	0,9	0,6	0,9	0,3	1,2	0,4
	4	0,1	0,0	0,2	0,4	0,1	0,1	1,9	0,2	1,6	2,1	26,3	0,3	0,4	0,7	1,5	3,2	0,5	0,2	0,2	0,9
	5	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	1,9	0,1	1,6	0,6	36,1	0,2	0,1	0,5	0,4	1,0	1,2	0,1	0,1	0,4
	6	0,1	0,0	0,2	0,4	0,1	0,2	1,9	0,2	1,6	1,6	26,7	0,6	0,2	0,7	1,1	2,4	0,6	0,2	0,3	1,3
	7	0,1	0,0	0,2	0,3	0,2	0,1	2,1	0,2	1,7	1,9	29,3	1,3	0,3	0,8	1,3	2,8	0,6	0,2	0,2	1,0
	8	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	1,3	0,1	1,1	1,8	15,3	0,5	0,3	0,6	1,4	2,9	0,4	0,2	0,4	0,1
	9	0,3	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	1,2	0,1	1,0	1,2	18,2	0,2	0,2	0,4	1,4	1,7	0,6	0,2	0,6	0,2
Tintarout 2	1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	1,6	0,1	1,4	1,2	25,2	0,3	0,2	0,6	1,0	1,8	0,7	0,2	0,4	0,4
	2	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	1,7	0,2	1,5	1,4	24,7	0,2	0,2	0,6	0,9	2,1	0,5	0,2	0,2	1,0
	3	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	2,2	0,1	1,9	1,5	38,3	0,3	0,2	0,6	1,0	2,2	0,7	0,1	0,2	2,0
	4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,0	2,6	0,2	2,3	1,6	47,6	0,3	0,2	0,9	1,0	2,5	1,1	0,1	0,2	1,9
	5	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,0	0,1	1,8	0,8	37,1	0,2	0,1	0,7	0,5	1,3	1,0	0,1	0,1	0,6
Tidedje	1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,9	0,1	1,7	0,5	37,6	0,1	0,1	0,5	0,4	1,0	1,4	0,1	0,1	0,4
	2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2	1,8	0,2	1,5	2,1	23,2	0,2	0,4	0,7	1,6	3,1	0,4	0,3	0,3	0,8
	3	0,2	0,1	0,1	1,5	0,0	0,0	1,3	0,0	0,1	0,4	28,6	0,0	0,4	0,1	0,3	0,6	1,0	0,1	0,3	0,1
	4	0,4	0,2	0,7	1,0	0,1	0,1	1,0	0,1	0,2	0,7	20,0	0,2	0,2	0,6	1,3	0,9	1,0	0,5	0,3	2,4
	5	0,5	0,4	0,7	1,1	0,1	0,1	1,1	0,1	0,2	1,4	18,7	0,3	0,4	0,5	1,9	1,9	1,0	0,7	2,0	0,6
	6	0,3	0,2	0,5	1,2	0,0	0,1	1,1	0,0	0,2	1,0	21,0	0,2	0,4	0,4	1,5	1,5	0,8	0,4	1,2	0,4

	7	0,1	0,2	0,0	1,7	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,3	35,4	0,4	0,1	0,0	0,3	0,5	2,9	0,1	0,2	0,2
	8	0,2	0,1	0,1	1,4	0,1	0,0	1,2	0,0	0,0	1,1	22,2	0,2	0,4	0,1	0,8	1,5	0,9	0,2	0,1	0,2
Tidedje	9	0,6	0,3	0,4	1,0	0,0	0,1	1,0	0,0	0,1	0,9	20,2	0,2	0,3	0,3	1,2	1,3	0,7	0,2	0,9	0,3
Tamrit	1	0,6	0,4	0,6	0,9	0,1	0,1	0,8	0,2	0,1	1,1	14,7	0,3	0,4	0,5	1,4	1,5	0,7	0,4	1,4	0,5
	2	0,4	0,3	0,5	1,2	0,0	0,1	1,1	0,0	0,2	1,5	17,8	0,3	0,5	0,4	1,8	2,2	0,7	0,4	1,2	0,4
	3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	1,5	0,1	1,4	0,6	27,4	0,1	0,4	0,2	0,8	1,0	0,9	0,2	0,6	0,2
	4	0,4	0,1	0,2	0,5	0,1	0,5	1,4	0,1	1,2	1,5	18,4	0,3	0,5	0,3	2,0	2,2	0,5	0,4	1,0	0,3
	5	0,1	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	1,6	0,1	1,4	1,1	26,1	0,2	0,5	0,1	0,8	1,6	0,5	0,1	0,2	0,1
	6	0,4	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	1,1	0,1	1,0	0,9	19,1	0,1	0,3	0,2	1,1	1,3	0,5	0,2	0,5	0,2
	7	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	1,6	0,1	1,4	0,8	27,0	0,1	0,5	0,2	0,8	1,2	0,7	0,2	0,6	0,2
	8	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,5	0,0	1,3	0,4	29,1	0,0	0,3	0,1	0,4	0,8	1,2	0,0	0,1	0,0
	9	0,2	0,1	0,1	0,4	0,1	0,3	1,6	0,1	1,4	1,1	24,1	0,2	0,5	0,2	1,0	1,9	0,8	0,3	0,6	0,2
	10	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,4	0,1	1,2	1,0	23,5	0,2	0,4	0,1	0,8	1,6	1,5	0,1	0,3	0,1
	11	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,4	0,1	2,2	0,2	52,8	0,0	0,6	0,0	0,3	0,6	2,0	0,0	0,1	0,4
	12	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,9	0,1	0,8	0,6	13,4	0,1	0,2	0,1	0,9	0,9	0,3	0,1	0,4	0,1
	13	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,5	0,0	1,4	0,4	29,1	0,0	0,3	0,1	0,3	0,9	1,1	0,2	0,3	0,1
	14	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	2,4	0,1	2,2	0,4	50,6	0,1	0,7	0,0	0,3	0,8	1,5	0,0	0,0	0,3
	15	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,0	0,1	1,8	0,3	42,0	0,0	0,5	0,0	0,2	0,6	1,7	0,0	0,1	0,2
	16	0,4	0,1	0,2	0,4	0,1	0,4	1,2	0,1	1,0	1,5	12,5	0,2	0,4	0,3	1,6	2,0	0,4	0,3	0,8	0,3
	17	0,4	0,2	0,1	0,5	0,0	0,8	1,3	0,5	1,2	1,3	16,2	0,3	0,4	0,5	1,8	2,0	0,7	0,6	1,6	0,6
	18	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,8	0,0	1,6	0,3	36,3	0,0	0,4	0,1	0,2	0,6	1,6	0,1	0,1	0,0
	19	0,4	0,1	0,3	0,7	0,1	0,6	1,6	0,3	1,3	2,7	12,3	0,6	0,7	0,5	2,4	3,7	0,4	0,6	1,1	0,4
	20	0,3	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	1,4	0,1	1,2	1,3	20,9	0,2	0,4	0,4	1,7	1,8	0,6	0,3	1,1	0,3
	21	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	2,6	0,0	2,4	0,2	57,4	0,0	0,7	0,0	0,2	0,6	1,8	0,1	0,1	0,6
Tinharwida	1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	1,4	0,2	1,2	1,8	17,3	0,3	0,5	0,1	1,3	2,4	0,5	0,3	0,5	0,1
	2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,1	0,1	0,9	1,3	12,0	0,2	0,4	0,1	0,8	1,8	0,2	0,2	0,2	0,1
	3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	1,3	0,2	1,0	1,9	12,2	0,4	0,6	0,2	1,7	2,7	0,3	0,3	0,7	0,2
	4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	1,5	0,0	1,3	0,3	29,0	0,0	0,3	0,1	0,3	0,6	1,4	0,1	0,2	0,1
	5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6	0,1	1,5	0,6	31,3	0,1	0,4	0,1	0,5	0,9	1,2	0,6	0,3	0,1
	6	0,2	0,0	0,2	0,4	0,1	0,4	1,7	0,1	1,5	1,3	24,8	0,2	0,5	0,3	1,3	2,1	0,7	0,3	0,9	0,2
	7	0,5	0,1	0,1	0,8	0,0	1,0	0,7	0,1	0,7	1,1	11,4	0,1	0,5	0,4	1,7	1,3	0,8	0,8	3,3	0,6
	8	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,1	0,1	1,0	1,1	15,5	0,2	0,4	0,1	0,8	1,6	0,4	0,2	0,2	0,1
	9	0,3	0,1	0,3	0,6	0,1	0,5	1,3	0,2	1,0	2,7	8,0	0,6	0,7	0,3	2,4	3,4	0,3	0,6	0,8	0,2
Reyaye	1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,4	0,1	1,3	0,8	24,9	0,1	0,4	0,1	0,7	1,3	1,8	0,2	0,3	0,1
	2	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	1,6	0,1	1,3	1,2	23,4	0,2	0,5	0,2	1,0	1,9	1,2	0,3	0,5	0,1

	3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	2,7	0,0	2,4	0,2	57,3	0,0	0,7	0,0	0,2	0,6	1,6	0,0	0,1	0,4
Tichwinet	1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	2,0	0,1	1,8	0,8	37,0	0,1	0,6	0,1	0,6	1,4	1,1	0,1	0,1	0,1
	2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	2,0	0,0	1,9	0,1	43,5	0,0	0,5	0,0	0,1	0,3	2,4	0,0	0,1	0,2
	3	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,9	0,1	1,7	0,4	40,4	0,1	0,5	0,1	0,3	0,8	1,0	0,1	0,2	0,2
Tichwinet	4	0,5	0,2	0,1	0,4	0,0	0,8	0,8	0,1	0,8	0,6	19,8	0,2	0,3	0,3	1,1	0,7	1,1	0,5	2,5	0,6
	5	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,3	0,1	1,2	0,8	21,4	0,1	0,3	0,1	0,6	1,2	0,8	0,2	0,4	0,1
	1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,3	0,1	1,1	1,1	19,2	0,2	0,4	0,1	0,9	1,7	1,1	0,3	0,3	0,1
Ingharouhane	2	0,0	0,0	0,4	0,5	0,4	0,5	4,7	0,6	4,1	2,2	67,6	0,5	1,4	0,5	2,5	4,9	2,2	0,5	1,2	0,4
	3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,3	0,1	1,1	1,4	17,4	0,2	0,5	0,1	1,0	1,9	0,4	0,2	0,3	0,1
	4	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,9	0,0	1,7	0,2	42,1	0,0	0,5	0,0	0,2	0,4	2,2	0,2	0,1	0,3
	5	0,3	0,2	0,1	0,4	0,1	0,4	1,1	0,1	0,9	1,3	11,6	0,2	0,3	0,3	1,3	1,7	0,5	0,4	0,8	0,3
	6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,9	0,0	1,8	0,1	43,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,3	4,3	0,0	0,1	0,4
	7	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,4	0,1	1,2	0,6	25,4	0,1	0,3	0,1	0,5	1,0	1,2	0,1	0,2	0,1
	8	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,2	0,1	1,1	1,2	17,8	0,2	0,4	0,2	1,2	1,9	0,6	0,2	0,4	0,1
	9	0,0	0,0	0,5	0,9	0,4	0,8	4,7	0,7	3,8	4,3	56,6	0,9	1,5	0,8	4,0	6,8	1,7	2,8	1,8	0,7
	10	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,2	4,7	0,6	3,9	2,9	67,4	0,7	1,4	0,3	2,4	5,0	2,2	1,3	0,4	0,3
	11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	1,6	0,1	1,4	0,5	31,4	0,1	0,4	0,1	0,3	0,8	1,7	0,1	0,2	0,1
	12	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	1,7	0,1	1,4	1,2	26,2	0,2	0,6	0,2	0,9	1,9	0,9	0,3	0,4	0,1
	13	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	1,5	0,1	1,3	0,7	28,5	0,1	0,4	0,1	0,7	1,1	1,3	0,2	0,4	0,2
	14	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,0	4,5	0,4	3,7	0,0	79,3	0,1	1,1	0,0	0,7	1,4	3,7	1,0	0,1	0,6
	15	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	2,0	0,1	1,8	0,3	40,6	0,0	0,5	0,0	0,2	0,5	1,7	0,1	0,1	0,1
	16	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,6	0,1	1,4	0,9	27,6	0,1	0,5	0,1	0,6	1,4	0,9	0,2	0,2	0,1
	17	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,7	0,1	1,5	0,9	31,2	0,1	0,5	0,1	0,6	1,5	1,3	0,2	0,2	0,1
	18	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	1,5	0,1	1,3	1,4	21,5	0,3	0,5	0,1	1,1	2,1	0,7	0,2	0,3	0,1
	19	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,9	0,1	1,7	0,8	35,4	0,1	0,5	0,1	0,9	1,3	1,4	0,3	0,4	0,1
	20	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,5	0,1	1,3	0,8	26,0	0,1	0,5	0,1	0,7	1,3	0,9	0,2	0,3	0,1
	21	0,0	0,0	0,6	0,8	0,5	0,7	4,8	0,7	3,9	5,2	55,4	1,1	1,7	0,7	4,9	7,9	1,6	1,0	1,6	0,6
	22	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,7	0,1	1,5	1,1	27,3	0,2	0,5	0,1	0,8	1,8	0,9	0,2	0,2	0,1
	23	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,7	0,1	1,5	0,3	35,0	0,0	0,4	0,0	0,3	0,6	1,4	0,3	0,1	0,2
	24	0,7	0,3	0,1	0,5	0,0	0,7	1,2	0,1	1,1	1,1	15,5	0,2	0,3	0,4	1,6	1,5	0,8	0,6	1,5	0,5
	25	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,1	4,4	0,4	3,7	0,2	79,1	0,1	1,1	0,1	0,8	1,4	4,0	0,2	0,3	0,5
	26	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,4	0,1	1,2	0,8	23,7	0,1	0,4	0,1	0,7	1,3	1,5	0,2	0,4	0,1
	27	0,0	0,0	0,6	1,0	0,4	1,0	4,4	0,8	3,7	5,9	47,8	1,2	1,7	0,8	6,2	8,7	1,3	1,4	2,9	1,8
	28	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	1,3	0,0	1,3	0,4	28,7	0,0	0,4	0,1	0,3	0,6	1,3	0,1	0,2	0,1
	29	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	1,2	0,1	1,1	1,2	17,4	0,2	0,4	0,1	0,9	1,7	0,6	0,3	0,4	0,1

	30	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	1,3	0,1	1,2	1,5	18,9	0,2	0,4	0,2	1,2	2,1	0,7	0,4	0,4	0,2
Tintachkount	1	0,0	0,0	0,6	1,3	0,4	0,8	5,0	0,9	4,3	5,7	48,3	1,3	1,9	0,6	4,8	8,8	1,4	1,5	1,7	1,1
	2	0,0	0,0	0,6	1,1	0,5	0,6	5,1	0,8	4,3	4,9	52,8	1,0	1,9	0,5	4,0	7,4	1,1	1,3	1,3	1,3
	3	1,0	0,2	0,5	0,5	0,2	0,5	1,8	0,5	1,8	0,2	22,7	0,4	0,4	0,6	0,9	0,9	0,4	0,4	0,8	0,5
Tintachkount	4	0,0	0,0	0,2	0,3	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,7	5,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,7	0,1	0,2	0,1	0,3
	5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	1,6	0,2	1,4	1,7	23,1	0,3	0,6	0,2	1,3	2,6	0,6	0,3	0,3	0,2
	6	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,9	0,0	1,7	0,2	39,4	0,0	0,5	0,0	0,2	0,6	2,1	0,1	0,1	0,4
Adarintaklit	1	0,0	0,0	0,6	1,2	0,5	0,2	5,2	0,8	4,0	5,7	54,4	1,2	2,0	0,4	3,7	8,2	1,0	1,1	0,3	0,4
	2	0,0	0,0	0,4	0,6	0,5	0,2	5,2	0,6	4,4	1,3	67,1	0,8	1,5	0,4	2,7	6,1	1,7	0,5	0,5	0,3
	3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	1,7	0,2	1,5	2,1	23,4	0,6	0,4	0,2	1,6	3,0	0,4	0,2	0,3	0,2
	4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	2,1	0,2	1,8	1,9	32,9	0,3	0,7	0,2	1,4	2,9	0,9	0,2	0,3	0,1
	5	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	1,3	0,1	1,1	1,6	14,5	0,3	0,5	0,2	1,3	2,2	0,6	0,3	0,6	0,1
	6	0,0	0,0	0,8	1,0	0,6	0,8	4,9	0,9	4,2	7,5	43,0	1,6	2,2	0,9	6,6	11,3	1,2	1,3	1,9	0,8
Amazar	1	0,4	0,2	0,2	0,7	0,1	0,6	1,6	0,4	1,5	2,4	14,4	0,5	0,7	0,4	2,7	3,2	0,5	0,7	1,2	0,3
	2	0,3	0,1	0,3	0,5	0,1	0,5	1,4	0,2	1,0	2,4	10,8	0,5	0,6	0,4	2,6	3,1	0,8	0,4	1,1	0,3
	3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	0,4	1,3	0,2	1,2	1,7	13,5	0,3	0,4	0,3	1,7	2,4	0,4	0,4	0,7	0,2
	4	0,1	0,0	0,4	0,6	0,3	0,2	2,4	0,4	1,8	3,4	22,5	0,7	1,0	0,2	2,3	4,5	0,4	0,5	0,4	0,3
	5	0,2	0,0	0,2	0,3	0,2	0,1	1,8	0,2	1,6	2,1	24,3	0,4	0,7	0,2	1,7	2,9	0,6	0,3	0,3	0,2
	6	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,5	0,1	1,4	0,5	30,0	0,1	0,4	0,1	0,4	0,9	1,6	0,1	0,1	0,1
	7	0,0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,0	1,9	0,1	1,7	0,3	39,1	0,0	0,5	0,0	0,3	0,7	1,5	0,1	0,1	0,2
	8	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	0,3	0,9	0,2	0,7	1,5	7,2	0,3	0,5	0,2	1,2	1,9	0,3	0,5	0,6	0,1
	9	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	1,4	0,1	1,3	1,1	23,5	0,2	0,4	0,2	0,9	1,7	0,9	0,2	0,4	0,1
	10	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	1,6	0,1	1,4	1,7	23,1	0,3	0,5	0,2	1,3	2,5	0,6	0,2	0,4	0,2
Canyon	1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6	0,1	1,4	0,8	28,9	0,1	0,4	0,1	0,6	1,3	1,5	0,1	0,1	0,1
	2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,8	0,0	1,6	0,1	37,7	0,0	0,4	0,0	0,1	0,4	1,8	0,0	0,1	0,2
	3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	1,3	0,1	1,1	1,2	19,3	0,2	0,5	0,1	0,9	1,8	0,6	0,2	0,2	0,1
	4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	1,4	0,2	1,2	1,6	19,6	0,3	0,4	0,2	1,3	2,4	0,4	0,1	0,2	0,2
	5	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	1,3	0,1	1,1	1,1	21,0	0,2	0,5	0,2	1,1	1,7	1,1	0,2	0,2	0,2
	6	0,1	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	1,7	0,1	1,5	1,2	27,6	0,2	0,5	0,1	0,8	1,8	0,7	0,2	0,3	0,2
	7	0,0	0,0	0,3	0,7	0,4	0,4	4,3	0,5	3,6	2,9	58,9	0,5	1,1	0,4	2,2	4,7	1,2	0,9	1,1	8,0
Inghaldjiouane	1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,1	4,5	0,5	3,7	2,1	68,0	0,4	1,1	0,2	1,7	3,5	2,0	0,4	0,3	2,7
	2	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,0	4,4	0,3	3,7	0,2	80,2	0,1	0,9	0,0	0,5	0,9	2,8	0,2	0,2	1,6
Tinabou	1	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	4,4	0,5	3,7	3,2	61,3	0,7	1,6	0,4	2,8	5,5	2,2	0,8	0,7	1,2
	2	0,0	0,0	0,6	0,6	0,5	0,3	4,5	0,7	3,7	6,3	46,9	1,3	1,6	0,5	5,0	9,0	1,0	0,9	0,7	9,1
	3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,1	4,3	0,5	3,7	0,3	76,9	0,2	1,2	0,1	1,1	2,2	2,9	0,2	0,3	2,5

	4	0,0	0,0	0,7	1,4	0,4	0,8	4,3	0,9	3,7	5,9	39,4	1,2	1,9	0,7	5,1	7,7	1,3	1,8	1,8	2,9
	5	0,0	0,0	0,3	1,3	0,2	2,0	4,0	0,9	4,3	1,7	59,0	0,6	0,9	1,3	4,7	3,8	2,2	1,3	4,5	1,5
	6	0,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,1	4,4	0,4	3,7	0,3	78,0	0,1	0,9	0,0	0,6	1,1	4,6	0,2	0,3	2,5
	7	0,0	0,0	0,3	0,6	0,4	0,3	4,8	0,5	4,0	2,4	67,8	0,5	1,3	0,3	1,9	3,8	2,1	0,7	0,8	0,8
	8	0,0	0,0	0,6	1,4	0,4	0,8	4,8	0,8	4,2	5,6	51,2	1,2	1,8	0,8	5,7	8,2	1,1	1,3	1,9	0,8
Tinabou	9	0,0	0,0	0,4	1,2	0,4	0,3	5,1	0,7	4,1	2,5	65,0	0,6	1,4	0,2	2,0	4,3	1,6	1,0	0,7	0,6
	10	0,0	0,0	0,3	0,7	0,3	1,1	4,4	0,7	3,8	2,4	65,7	0,5	1,0	0,7	3,2	3,6	2,3	1,1	2,6	1,0
	11	0,0	0,0	0,4	0,8	0,4	0,5	4,7	0,6	4,0	2,9	64,8	0,6	1,5	0,4	2,3	4,7	1,8	0,9	1,2	0,6
	12	0,0	0,0	1,3	0,5	0,1	0,7	4,8	0,8	3,9	5,9	49,3	1,1	2,0	0,8	4,7	8,3	1,5	1,5	1,8	0,9
	13	0,0	0,0	0,4	0,6	0,4	0,4	4,6	0,6	4,0	3,1	64,2	0,7	1,5	0,4	2,6	5,2	1,9	0,9	1,1	0,6
Tifetest	1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	4,5	0,4	3,7	1,9	70,5	0,4	1,2	0,3	1,8	3,5	2,2	0,5	0,9	0,4
	2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	1,0	0,1	0,9	1,1	13,2	0,2	0,3	0,3	1,3	1,7	0,4	0,2	0,6	0,2
	3	0,0	0,0	0,9	1,4	0,5	0,8	4,7	1,2	4,0	7,7	35,4	1,7	2,5	0,9	6,3	10,7	1,4	2,0	1,8	1,5
	4	0,0	0,0	0,5	0,8	0,4	0,8	4,7	0,7	3,9	4,6	58,2	0,9	1,4	0,7	4,4	7,1	1,3	1,0	2,0	0,6
	5	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,2	0,1	1,1	0,8	21,7	0,1	0,3	0,1	0,6	1,1	0,8	0,1	0,4	0,1
	6	0,0	0,0	0,4	0,5	0,4	0,6	4,6	0,6	3,8	3,5	63,6	0,8	1,3	0,6	4,1	5,7	1,6	0,7	1,7	0,7
	7	0,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,1	4,5	0,4	3,7	0,3	76,3	0,2	1,3	0,1	1,2	2,4	3,9	0,3	0,3	0,5
	8	0,0	0,0	0,4	0,5	0,4	0,4	4,7	0,5	4,1	1,5	69,5	0,5	1,4	0,3	2,2	4,1	2,3	0,7	1,1	0,4
	9	0,0	0,0	0,4	0,7	0,3	0,7	4,6	0,6	4,0	2,4	65,9	0,5	1,4	0,4	2,5	4,2	1,9	0,9	1,7	0,3



# التنوع الوراثي (المؤشرات التربينية) والايكولوجي لـ *Cupressus dupreziana* Camus نوع مستوطن بالطاسيلي ناجر ( الجزائر )

ملخص:

التحليل الكيميائي للزيوت الأساسية لـ 187 فرد للنوع *Cupressus dupreziana* باستعمال GC و GC/MS بالتعرف على 38 مركب Sesquiterpènes و Mono بحيث يمثل كل من  $\alpha$ -pinene و  $\Delta^3$ -carene و germacrène-d أغلبه المكونات. دراسة نشاط الزيوت الأساسية بينت عدم وجود فعالية ميكروبية. استخدام noidesterpi لإغراض وراثية بينت وجود تغير داخل عشائر و بين عشائر النوع *Cupressus dupreziana* الدراسة الوراثية لهذا النوع بينت أن 11 مركب تربيني له توزيع trimodale و هي تحت تحكم أحادي الجيني (monogénique) كلمات مفاتيحه: *Cupressaceae*, *Cupressus dupreziana*, طاسيلي ناجر، الايكولوجية النباتية، الزيوت الأساسية،  $\alpha$ -pinène،  $\Delta^3$ -carene، germacrène-d، التغاير الوراثي

## Genetic diversity (phytochemicals markers) and ecology of *Cupressus dupreziana* A. Camus, endemic species of Tassili N'Ajjer (Algeria)

Abstract:

The analysis of the essential oils of 187 individuals of *Cupressus dupreziana* by GC and GC / MS has identified 38 mono and sesquiterpenes which the  $\alpha$ -pinene and  $\Delta^3$ -carene and germacrene-d are the majority components. The study of the antimicrobial activity of essential oils has been carried out using the Aromatogram. The results show a very low antimicrobial activity against all bacteria tested. The use of terpenoids for purposes has shown genetic variability of intra-and interpopulations in *C. dupreziana*. This terpenes heterogeneity reflects a genetic variability within species *C. dupreziana*. The study of heredity of this species has shown that 11 mono and sesquiterpenes components have a trimodale distribution and are under monogenic control.

**Keywords:** *Cupressus dupreziana*, *Cupressaceae*, Tassili n'Ajjer, plant ecology, essential oil composition,  $\alpha$ -pinene,  $\Delta^3$ -carene, germacrène-D, genetic variability

## Diversité génétique (marqueurs phytochimiques) et écologie du *Cupressus dupreziana* A. Camus, espèce endémique du Tassili n'Ajjer (Algérie)

Résumé :

L'analyse des huiles essentielles de 187 individus du *Cupressus dupreziana* par GC et par GC/MS a permis d'identifier 38 constituants mono et sesquiterpéniques dont l' $\alpha$ -pinène, le  $\Delta^3$ -carene et le germacrène-D sont les composants majoritaires. L'étude de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles a été réalisée selon la méthode de l'aromatogramme. Les résultats montrent une activité antimicrobienne très faible vis-à-vis de l'ensemble des bactéries testées. L'utilisation des terpènes à des fins génétiques a montré une variabilité intra et interpopulations. Cette hétérogénéité terpénique traduit une variabilité génétique au sein de l'espèce *Cupressus dupreziana*. L'étude de l'hérédité de cette espèce a montré que 11 composants mono et sesquiterpéniques ont une distribution trimodale et sont sous le contrôle monogénique.

**Mots clefs :** *Cupressus dupreziana*, *Cupressaceae*, Tassili n'Ajjer, phytoécologie, composition de l'huile essentielles,  $\alpha$ -pinène,  $\Delta^3$ -carene, germacrène-d, variabilité génétique