

# Sommaire

INTRODUCTION GENERALE .....	01
-----------------------------	----

## Chapitre I. Généralités sur l'Arganier

1- TAXONOMIE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE .....	03
1.1- TAXONOMIE .....	03
1.2- REPARTITION GEOGRAPHIQUE .....	03
2- BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE L'ARGANIER .....	05
2.1- BIOLOGIE DE L'ARGANIER .....	05
2.2- EXIGENCES DE L'ARGANIER .....	07
2.2.1- EXIGENCES ECOLOGIQUES .....	07
2.2.2- EXIGENCES EDAPHIQUES .....	08
3- IMPORTANCE DE L'ARGANIER .....	09
3.1- ROLE SOCIO-ECONOMIQUE .....	09
3.2- ROLE ECOLOGIQUE .....	10
4- MODES DE REGENERATION DE L'ARGANIER .....	11
4.1- REGENERATION NATURELLE .....	11
4.2- REGENERATION ARTIFICIELLE .....	11
5- MODE DE TRAITEMENT DE L'ARGANIER .....	12
6- MALADIES ET RAVAGEURS DE L'ARGANIER .....	12
6.1- MALADIES .....	12
6.2- RAVAGEURS .....	12

## CHAPITRE II.

### CARACTERES GENERAUX DE LA ZONE D'ETUDE

1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	14
1.1- LOCALISATION GEOGRAPHIQUE .....	14
1.2- RELIEF OU CONTRASTES PHYSIQUES .....	14
1.3- PEDOLOGIE .....	15
1.4- HYDROLOGIE .....	15
1.5- POPULATION ET ACTIVITES SOCIO-ECONOMIQUES .....	15
2- PARAMETRES CLIMATIQUES .....	15

2.1- PLUVIOMETRIE	15
2.2- TEMPERATURES	16
2.3- AUTRES FACTEURS CLIMATIQUES	16
2.3.1- HUMIDITE ATMOSPHERIQUE	16
2.3.2- VENT	17
3- SYNTHESE CLIMATIQUE	17
3.1- DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE DE BAGNOULS ET GAUSSEN	18
3.2- QUOTIENT PLUVIOMETRIQUE D'EMBERGER	18
3.3- INDICE D'ARIDITE	19
4- DIVERSITE BIOLOGIQUE	20
4.1- FLORE	20
4.2- FAUNE	20
5- CONCLUSION	21

### Chapitre III. Matériels & Méthodes

1- INTRODUCTION	22
2- CARTE DE LOCALISATION DES PLACETTES D'ETUDE SANITAIRE	23
2.1- MATERIEL UTILISE	23
2.2- METHODE ADOPTEE	23
3- ETUDE DU CORTEGE FLORISTIQUE	23
3.1- MATERIEL UTILISE	24
3.2- METHODE ADOPTEE	24
4- ETUDE PEDOLOGIQUE	24
4.1- MATERIEL UTILISE	25
4.2- METHODE D'ANALYSE GRANULOMETRIQUE	25
4.3- MESURE DU PH ET DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE	27
5- RELEVES DENDROMETRIQUES	27
5.1- MATERIEL UTILISE	27
5.2- METHODE SUIVIE	27
6- RELEVES SANITAIRES	28
6.1- DEFICIT FOLIAIRE	28
6.2- INDICE DE SANTE	29

7- ISOLEMENT, PURIFICATION ET IDENTIFICATION DES CHAMPIGNONS ASSOCIES AUX DEGATS DES TERMITES _____	29
7.1- MATERIEL UTILISE _____	30
7.2- ISOLEMENT DES CHAMPIGNONS A PARTIR DU SOL _____	30
7.3- ISOLEMENT DES CHAMPIGNONS A PARTIR DU BOIS ET ECORCE DES SUJETS SAINS ET CEUX ATTAQUES PAR LES TERMITES _____	30
7.4- PURIFICATION _____	31
7.5- OBSERVATION ET IDENTIFICATION DE SOUCHES OBTENUES _____	31

## Chapitre IV. Résultats & Discussion

1- CARTE DE LOCALISATION DES PLACETTES D'ETUDE _____	32
2- ETUDE DU CORTEGE FLORISTIQUE _____	33
2.1- STRATE ARBORESCENTE _____	34
2.2- STRATE ARBUSTIVE _____	35
2.3- STRATE HERBACEE _____	35
2.4- CONCLUSION _____	36
3 - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL _____	36
3.1- ANALYSE PHYSIQUE _____	37
3.2- ANALYSE CHIMIQUE _____	38
3.3- CONCLUSION _____	39
4- APPROCHE DENDROMETRIQUE _____	39
4.1- DENSITE DES ARBRES _____	39
4.2- STRUCTURE DES PEUPELEMENTS _____	40
4.2.1 REPARTITIONS DES ARBRES PAR CLASSES DE DIAMETRES _____	40
4.2.2- REPARTITION DES ARBRES PAR CLASSES D'HAUTEUR _____	41
4.3- CORRELATIONS ENTRE LES DIAMETRES ET LA HAUTEUR _____	44
4.4- CONCLUSION _____	45
5- CARACTERISATION SANITAIRE DE L'ARGANERAIE DE TINDOUF _____	45
5.1- DEFICIT FOLIAIRE _____	45
5.2- INDICE DE SANTE OU INDICE DE DEPERISSEMENT _____	46
5.3- CONCLUSION _____	49
6- ANALYSES PHYTOPATHOLOGIQUES : ISOLEMENT ET IDENTIFICATION DES CHAMPIGNONS ASSOCIES AUX DEGATS DES TERMITES _____	51
6.1- ISOLEMENT DES SOUCHES _____	51

6.2- IDENTIFICATION DES CHAMPIGNONS ISOLES_____	53
6.3- CONCLUSION _____	53
CONCLUSION GENERALE & PERSPECTIVES _____	55
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES _____	58

## Liste des acronymes

**D G F** : Direction générale des forêts

**D S F** : département de santé des forêts

**UNESCO** : organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture

**MSPRH** : ministère de la santé, la population et la réforme hospitalière

**C.E.A.E.Q** : Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec

**O.N.M** : office nationale de météorologie

**INRF** : institut national de recherche forestière

**INRA** : institut national de recherche agronomique

## Liste des abréviations

**°C** : degré Celsius

**C.E** : conductivité électrique

**m** : mètre

**cm** : centimètre

**mm** : millimètre

**ml** : millilitre

**ms** : millisiemens

**pH** : potentiel d'hydrogène

**g** : Gramme

**GPS** : Système de Positionnement Globale

**WGS 84** : World Geodetic System 1984

**UTM** : Universel Transverse Mercator

Liste des figures

	Page
<b>Fig 01</b> : Aire de répartition de l'arganier en Algérie.....	04
<b>Fig 02</b> : Aspect d'un arbre et du tronc d' <i>Argania spinosa</i> .....	06
<b>Fig 03</b> :Fruits d' <i>Argania spinosa</i> L.....	06
<b>Fig 04</b> : Amande et tégument d'arganier, Oued EL-Maa Tindouf... .	07
<b>Fig 05</b> : Aire bioclimatique de l'arganier au Maroc et en Algérie (région de Tindouf).....	08
<b>Fig 06</b> : Situation géographique de la wilaya de Tindouf et localisation de la zone d'étude.....	14
<b>Fig 07</b> : Courbe de variation de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air dans la région de Tindouf pour la période 2003-2012.....	17
<b>Fig 08</b> : Diagramme Ombrothermique de la station de Tindouf.....	18
<b>Fig 09</b> : Place de l'Arganeraie Marocaine et Algérienne (Tindouf) dans le Climagramme pluviométrique d'Emberger.....	19
<b>Fig 10</b> : Les principaux secteurs à potentiel arganier .....	22
<b>Fig 11</b> : Echelle de classification de particules minérales du sol.....	25
<b>Fig 12</b> : classes de déficit foliaire des arbres d'Arganier .....	28
<b>Fig 13</b> : carte de localisation des placettes d'étude sanitaire d'Arganier dans la région de TINDOUF.....	32
<b>Fig 14</b> : <i>Acacia raddiana</i> à oued Targant.....	34
<b>Fig 15</b> : <i>Rhus tripartitus</i> oued EL-Gahouene.....	35
<b>Fig 16</b> : <i>Retama retam</i> oued EL-Ma.....	35
<b>Fig 17</b> : Les espèces herbacées constatées.....	36
<b>Fig 18</b> : Localisation des sols étudiés sur le triangle de texture.....	37
<b>Fig 19</b> : distribution des arbres par placettes d'études.....	39
<b>Fig 20</b> : Distribution des arbres par classe de diamètre en cm.....	40
<b>Fig 21</b> : Distribution des arbres par classes d'hauteur en m.....	42
<b>Fig 22</b> : courbes de corrélation entre les diamètres et les hauteurs des arbres dans les quatre placettes d'étude.....	44

<b>Fig 23</b> : Distribution des arbres par classe de déficit foliaire pour les quatre placettes d'étude sanitaire.....	45
<b>Fig 24</b> : les différents aspects de dégradation de l'état sanitaire <i>d'Argania spinosa</i> dans la région de Tindouf.....	50
<b>Fig 25</b> : photos des souches isolées en boites de pétri.....	52
<b>Fig 26</b> : Les quatre souches fongiques identifiées (Gr x 40).....	52

## Liste des Tableaux

### Page

<b>Tableau I</b> :Classification botanique de l'arganier.....	03
<b>Tableau II</b> : Phénologie de l'arganier <i>Argania spinosa</i> L.....	05
<b>Tableau III</b> :Principaux insectes ravageurs d'Arganier.....	13
<b>Tableau IV</b> : Précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012.....	16
<b>Tableau V</b> : Températures moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012.....	16
<b>Tableau VI</b> : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air enregistrée dans la région de Tindouf entre 2003-2012.....	17
<b>Tableau VII</b> : Vitesse du vent moyenne mensuelle enregistrée dans la région de Tindouf entre 1990-2000.....	17
<b>Tableau VIII</b> : Les différents types de climat selon l'indice d'aridité de Demarton.....	20
<b>Tableau IX</b> : Les espèces végétales qui forment le cortège floristique de l'Arganier de Tindouf.....	20
<b>Tableau X</b> : Diagnostic écologique de l'arganeraie de Tindouf (D'après DGF, en cours).....	21
<b>Tableau XI</b> : Les classes de diamètre et hauteur des mesures dendrométriques d'Arganier.....	28
<b>Tableau XII</b> : classes de notation de déficit foliaire et principales catégories d'arbres atteints.....	28
<b>Tableau XIII</b> :Principale catégorie sanitaire du peuplement d'Arganier en fonction d'ls.....	29
<b>Tableau XIV</b> :Les espèces végétales formant le cortège floristique de l'Arganier dans les quatre placettes d'étude à Tindouf.....	33

<b>Tableau XV</b> : Les espèces végétales et leurs familles recensées dans l'arganeraie de Tindouf.....	34
<b>Tableau XVI</b> : Résultats d'analyse du sol des placettes d'étude.....	37
<b>Tableau XVII</b> : Salinité du sol en fonction de la conductivité électrique.....	38
<b>Tableau XVIII</b> : type du sol selon son pH.....	39
<b>Tableau XIX</b> : Résultats de teste d'ANOVA à un facteur) relatifs à la répartition des arbres par classes de diamètre.....	41
<b>Tableau XX</b> : Résultats de teste d'ANOVA à un facteur) relatifs à la répartition des arbres par classes d'hauteur.....	43
<b>Tableau XXI</b> : Résultats obtenus d'Is des placettes d'étude sanitaire et de l'arganeraie de Tindouf en générale.....	47
<b>Tableau XXII</b> : résultat des champignons isolés à différents niveaux.....	51

# **INTRODUCTION GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

L'Arganier (*Argania spinosa* (L.) Skeels), également appelé argan et « arbre de fer » est une essence ligneuse appartenant à la famille des sapotacées. Elle est endémique de l'Algérie (région de Tindouf) et du Maroc (région du sud-ouest, en particulier la plaine du Souss). Au sud de ces deux pays maghrébins, l'arganier constitue, le dernier rempart contre la désertification. Arbre forestier à rôle écologique, luttant contre l'érosion des sols et fourrager, alimentant les troupeaux de caprins. Il est également fruitier. C'est une source primordiale pour les populations rurales des espaces semi-arides et arides de l'Algérie. On extrait de son fruit, notamment de son amandon l'huile d'argan, réputée mondialement pour ses qualités diététiques et cosmétiques. Malheureusement, la vulnérabilité de cet écosystème et la multitude des pressions qui s'y exercent et qui dépassent largement ses possibilités productives, contrarient la pérennité de l'arganeraie en déclin continue. Cette menace d'extinction est une préoccupation majeure aussi bien pour la population locale que pour les scientifiques. On assiste en effet depuis plusieurs années à une diminution du couvert arboré, à la fois en surface occupée et en densité d'arbres. Les efforts doivent être multipliés pour reconstituer artificiellement et sauvegarder ce patrimoine national et mondial à la fois.

Compte tenu de l'importance de cette essence et des multiples utilisations de ses composantes, plusieurs travaux de recherche ont été effectués avec pour but l'amélioration et la préservation d'*Argania spinosa*. En Algérie, l'arganier connaît ces dernières années un nouvel essor, la population riveraine ainsi que la conservation des forêts ont commencé à s'intéresser à cette essence. Le développement de l'arganier dans la région de Tindouf, par des boisements et de la création d'une pépinière pour la production de plants d'arganier, font partie des mesures retenues au titre d'une ambitieuse opération de valorisation et de préservation de cet arbre saharien.

Le présent travail donne un aperçu sur l'état actuel de l'arganier en Algérie. Il a pour objectif principal l'évaluation sanitaire des peuplements à *Argania spinosa* dans la région de Tindouf et la mise en évidence des principaux facteurs biotiques et abiotiques responsables de la dégradation de l'arganeraie. À travers ce travail,

nous s'intéressons dans un premier temps à donner quelques connaissances bibliographiques concernant l'arganier, ses rôles écologique et socio-économique, ainsi que les différentes voies de sa régénération et les principaux agents responsables de la régression de l'espèce. Par la suite une caractérisation générale de la zone d'étude a été donnée. Le volet expérimental est structuré en deux chapitres. Dans le premier, nous avons présenté le matériel utilisé ainsi que la méthodologie adoptée, sur le terrain et au laboratoire. Dans le dernier chapitre, les résultats obtenus sont analysés et discutés, avec des conclusions partielles et une générale.

# **Chapitre I**

## **Généralités sur l'Arganier**

## 1- TAXONOMIE ET REPARTITION GEOGRAPHIQUE

### 1.1- Taxonomie

*Argania spinosa* L., plante arbustive endémique de l'Algérie et du Maroc, appartient à la famille des Sapotacées qui comprend environ 10 genres et 600 espèces (M'Hirit, 1989). Cette essence est connue sous plusieurs noms vernaculaires dont l'arganier, l'argan et le bois de fer. Sa classification botanique se présente comme suit (**Tab. I**).

Règne	Végétale
Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Gamopétales
Ordre	Ebénales
Famille	Sapotacées
Genre	<i>Argania</i>
Espèce	<i>Argania spinosa</i> L. Skeels.

### 1.2- Répartition géographique

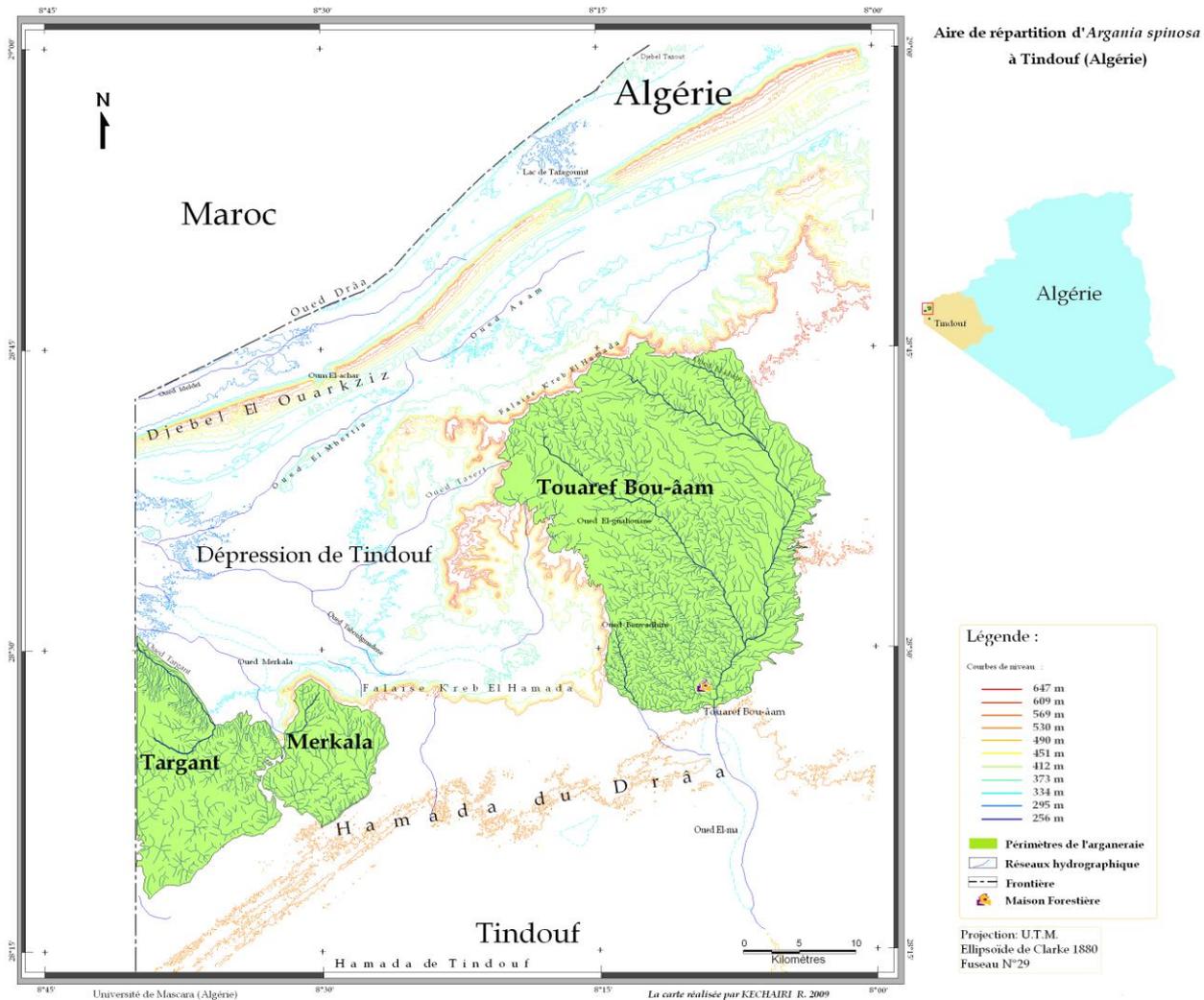
L'Arganier, *Argania spinosa* (L.) Skeels est une angiosperme sapotacée endémique d'Afrique du Nord que l'on rencontre surtout dans le Sud-Ouest Algérien dans la région de Tindouf (**Fig. 1**) et dans le sud atlantique Marocain (région d'Agadir) où il couvre environ 800 000 ha.

M'hirit (1989), signale qu'au Maroc, la plus grande masse des peuplements à arganier de différentes densités s'étend sur un secteur littoral et para littoral entre l'Oued Tensift au sud de Safi et la plaine du Souss dont la plus grande partie est colonisée par l'espèce en question. Le même auteur signale également qu'au niveau des reliefs montagneux, l'arganier développe des peuplements sylvatiques essentiellement vers méridional du haut Atlas occidental et sur les expositions Nord de l'Anti-Atlas jusqu'au massif du djebel Siroua à l'Est.

En Algérie, son aire de répartition géographique couvre un territoire relativement important dans le Nord-ouest de la wilaya de Tindouf où cette espèce constitue la deuxième essence forestière après l'*Acacia raddiana* (Benkheira, 2009).

Peltier avait signalé que l'arganier existait dans le Sahara occidental Algérien, entre djebel Ouarkziz et la hamada de Tindouf (Baumer, 1999). *Argania spinosa* est localisée essentiellement sur les lits de certains oueds, notamment : Oued El-ma, Oued Elghahouane, Oued Bouyadhine, Oued El-khebi, Oued Merkala et Oued Targant. Ainsi, elle est pourvue d'un entrelace épars de ruisseaux, coulant vers les petites dépressions entre les gorges Hamadienne du Drâa et les falaises de K'reb El-hamada, et la dépression du Nord de Tindouf. La

distribution des populations d'arganier a été déterminée sur la carte en trois unités hydro géographiques représentés principalement par les périmètres suivants : Touaref Bou-âam, Merkala et Targant. Dans son milieu naturel, *Argania spinosa* couvre une superficie de 90 644 ha où on peut la trouver surtout dans les lits d'oueds sablonneux, graveleux et rocheux (Kechairi, 2009).



**Fig. 1-** Aire de répartition de l'arganier en Algérie (D'après Kchairi, 2009).

## 2- BIOLOGIE ET EXIGENCES DE L'ARGANIER

### 2.1. Biologie de l'arganier

La phénologie de l'arganier est résumée dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II** - Phénologie de l'arganier *Argania spinosa* L. (D'après M'Hirit, 1989)

Phases	Mois de l'année												L'Arganier, comme plusieurs espèces appartenant à la famille des
	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	
1. Foliation	—												
2. Grossissement de fruits preexistants.	—			—									
3. Apparition des fleurs	—			—									
4. Croissance des fruits et des jeunes rameaux	—			—									
5. Floraison	—			—									
6. Mâturation des fruits	—			—									
8. Defoliation.	—										—		

Sapotacées, est une plante ligneuse qui a une forme similaire à celle d'un olivier (Kenny, 2007). C'est un arbre très résistant qui peut vivre de 150 à 200 ans (Benkheira, 2009).

*Argania spinosa* est un arbre fruitier-forestier dont la taille varie selon les conditions écologiques du milieu entre 8 à 10 m de hauteur. La cime est très grande et étalée, dense et à contours arrondis en générale (**Fig. 2**). Le tronc de cet arbre de couleur brunâtre à l'âge juvénile et grisâtre à l'âge adulte, est très vigoureux et court (Kenny, 2007). Il est constitué assez souvent par plusieurs tiges entrelacées provenant de la soudure de rejets très voisins ou de tiges issues d'un même noyau. L'écorce du fut et des grosses branches est rugueuse et présente un aspect du type « peau de serpent ». Les ramifications sont denses et les extrémités des rameaux sont souvent épineuses (M'hirit *et al*, 1998).

Les feuilles de l'arganier sont petites, coriaces, vertes sombre à la face inférieure. Elles sont alternes, souvent réunies en fascicules, lancéolées ou spatules insensiblement atténuées en un pétiole plus ou moins distinct, avec une nervure médiane très nette et les nervures latérales très fines et ramifiées (Radi, 2003). Le feuillage de cette plante est pratiquement persistant. Toutefois, en cas de sécheresse sévère et prolongée comme durant les années 1980, 1991, 1992 et 1993, l'arbre peut perdre ses feuilles entièrement ou en partie (M'hirit *et al*, 1998).



**Fig. 2-** Aspect d'un arbre et du tronc d'*Argania spinosa* L.  
(Lieu la maison forestière de Taouref Bouaam – Tindouf).

L'Arganier est une espèce monoïque, à fleurs hermaphrodites. Les inflorescences se présentent en glomérules axillaires, composées chacune de 5 sépales pubescents succédant à 2 bractées. La corolle en cloche est formée de 5 pétales obtus, arrondis, blancs. Les étamines sont à filets courts et portent une grosse anthère mucronée ou obtuse, alternant avec des staminodes dont certains sont parfois fertiles ; l'ovaire pubescent et supère est surmonté d'un style court et conique, égalant ou dépassant les étamines (M'hirit, 1989).

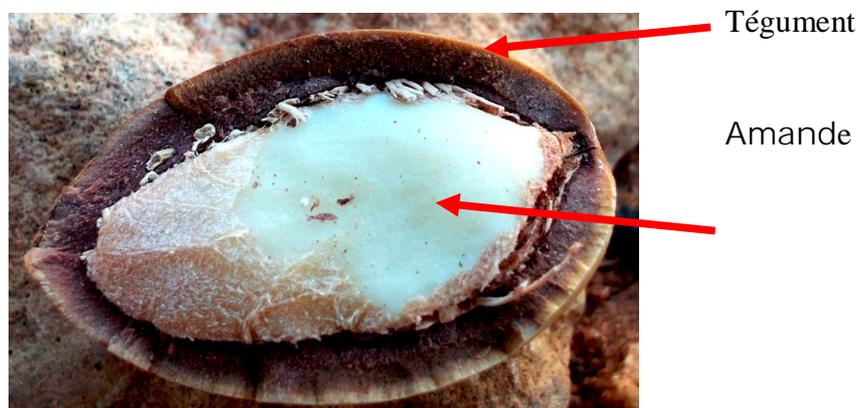
La floraison de l'arganier a lieu généralement au printemps, voire en automne selon les conditions climatiques, ce qui engendre un échelonnement de la maturation des fruit sur une longue période de l'année, de mai à septembre (M'hirit, 1989).

Le fruit (**Fig. 3**) est une baie composée d'un ou plusieurs amandons séparés par un cartilage ligneux, un mésocarpe et un endocarpe. (Kenny, 2007).



**Fig. 3-** Fruits d'*Argania spinosa* L

A l'intérieur de la pulpe charnue se trouve un noyau très dur avec en général 2 à 4 cavités contenant des amandes, encore appelées localement « amandons » (**Fig. 4**). Les graines, qui par ailleurs se soudent entre elles, possèdent un tégument qui s'indure très fortement et de façon totalement inhabituelle, simulant un noyau (Bellefontaine *et al*, 2011).



**Fig. 4** Amande et tégument d'*Argania spinosa* L.

Caractérisé par des racines profondes et dépourvues de poils absorbants, l'arganier profite d'une symbiose avec différents types de champignons (Benkheira, 2009). En outre, ce système racinaire permet la récupération des eaux à partir des couches profondes permettant ainsi à *Argania spinosa* de s'adapter à un climat semi aride et aride.

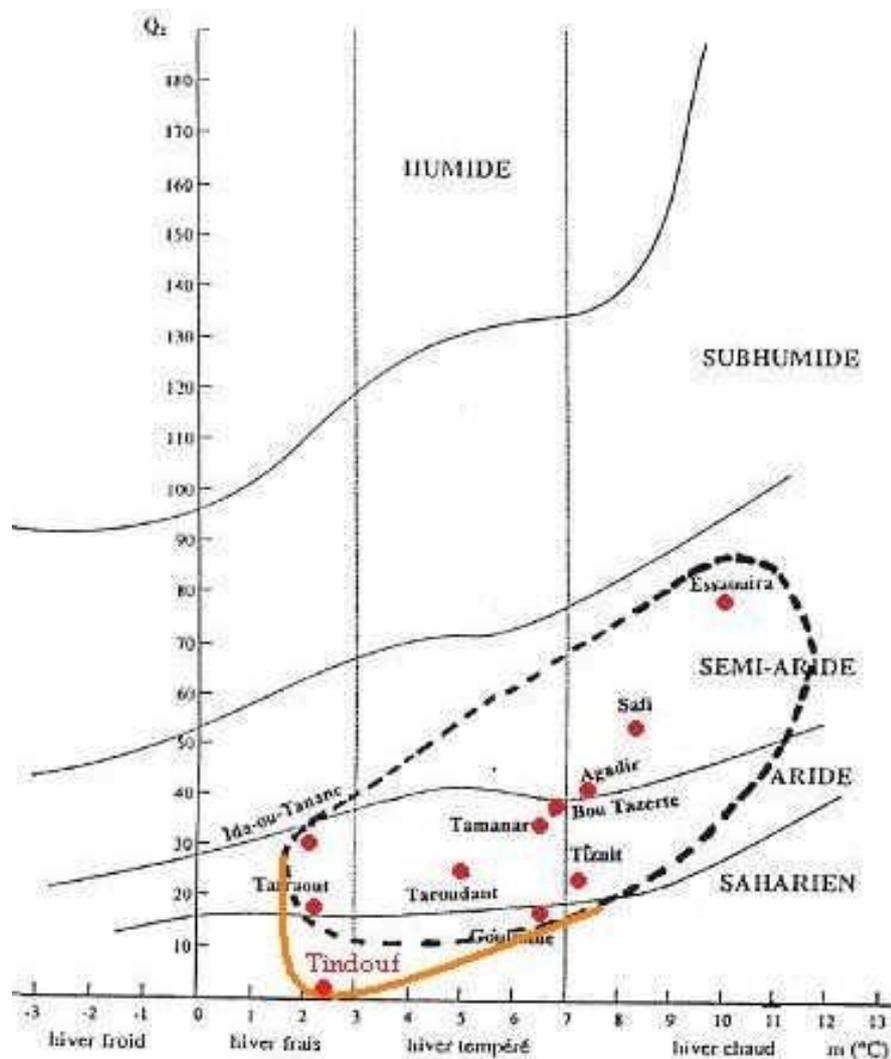
## 2.2 Exigences de l'arganier

### 2.2.1- Exigences écologiques

L'arganier est un arbre thermophile et xérophile. Il est adapté aux fortes périodes de sécheresse prolongée et aux effets desséchants du vent. Cette faculté d'adaptation de l'espèce semble qu'elle n'est pas liée au fait que cet arbre économise l'eau, mais à sa capacité de puiser l'eau à de grandes profondeurs (Mokhtari, 2002). D'après Boudy (1950), plus qu'une région forestière est sèche (étage aride et semi-aride) et plus la densité de ses peuplements adultes est réduite, en raison que les racines ont besoin d'un espace vital considérable pour puiser l'eau du sol.

Le bioclimat de l'arganier (**Fig. 5**) correspond à ceux des étages : aride chaud et tempéré (le long du littoral et dans les plaines), et semi-aride chaud et tempéré (flancs du Haut Atlas et de l'Anti-Atlas), voire même saharien plus au sud. L'optimum pluviométrique de cette essence correspondrait à 250 mm, tandis que sa limite coïncide avec l'isotherme 3°C du mois de janvier. Dans les zones à caractère désertique, les précipitations annuelles sont souvent largement inférieures à 100 mm. Dans ces conditions, l'argan ne se localise plus que le long des cours d'eau temporaires où il utilise les eaux de ruissellement.

D'après Benkheira (2009), l'Arganeraie de Tindouf se situe dans L'étage infra méditerranéen appelé aussi 'type océanique de l'étage thermo méditerranéen inférieur' (**Fig. 5**).



**Fig. 5-** Aire bioclimatique de l'arganier au Maroc et en Algérie (région de Tindouf) (D'après AKA COUTOUA, 2006 et Kechairi, 2009).

### 2.2.2 Exigences édaphiques

L'arganier se rencontre sur des substrats et des sols variés. D'après M'Hirit (1989), cette essence pousse généralement sur des grès et argiles rouges, des dolomies gréseuses et des calcaires dolomitiques du Jurassique, des calcaires argileux et des grès du crétacé ; des conglomérats quaternaires, des schistes, des quartzites et des grès primaires ; des alluvions et des formations dunaires anciennes du Quaternaire. Cependant, il est exclu des sables mobiles profonds, à cause de décapage éolien (Radi, 2003). Il est important de signaler que l'arganier est indifférent au pH du sol (4,6 à 7,5).

### 3- IMPORTANCE DE L'ARGANIER

L'arganier est une plante à multi usages. Chaque partie ou produit de l'arbre est utilisable et est une source de revenu ou de nourriture. Cette essence ligneuse a des propriétés écologiques et physiologiques : elle est très rustique et résistante à l'aridité. Dans les régions arides et semi-arides où il pousse, l'arganier est quasiment irremplaçable dans la conservation des sols et des pâturages et pour la lutte contre l'érosion et la désertification. C'est un arbre qui joue un rôle capital dans la fertilisation des sols. Parmi les fonctions primordiales que remplit l'arganier nous citerons ses fonctions socio-économiques et environnementales.

#### 3.1- Rôle socio- économique

L'arganier est un arbre qui offre de nombreux produits de grande importance pour l'économie Algérienne et ça malgré la rareté des pluies et le problème de l'aridité dans les régions d'implantation.

##### *a)- Production de l'huile et de ses dérivés*

De l'amande contenue dans le fruit de l'arganier, les paysannes tirent ensuite une huile, utilisée traditionnellement pour l'alimentation, et même autrefois pour l'éclairage. Cette huile artisanale est produite tout au long de l'année au fur et à mesure des besoins (on ne peut la stocker). Les rendements restent faibles, puisque tournant aux alentours de 3% du poids sec, ce qui permet d'obtenir en moyenne 3 litres à partir de 100 kg de fruits secs. La production d'huile d'argan avoisine ainsi les 15 litres par ha (Benchakroun *et al*, 1989).

L'huile extraite est non seulement comestible et d'un goût agréable, mais elle possède des propriétés diététiques très intéressantes. L'huile d'argan est devenue l'une des huiles comestibles les plus chères dans le monde. Elle est encore plus chère comme produit cosmétique et est le sujet de plusieurs brevets cosmétiques aux États-Unis et en Europe. Cette huile, qui a été une source de revenu des habitants de sud-ouest du Maroc pendant des siècles, a connu un regain d'intérêt avec les diverses découvertes de ses vertus culinaires, cosmétiques et même médicinales (Bamouh, 2009).

L'analyse de la composition chimique de l'huile d'argan a mis en évidence la richesse de celle-ci en acides gras insaturés 78,36 %, une teneur moyenne en acide oléique de 46,67%, et en acide linoléique de 31,49%. Les acides gras saturés à 21,63% sont représentés essentiellement par l'acide palmitique à 15,75% et l'acide stéarique à 5,48% (Debbou, 2003 In Kchairi, 2009).

##### *b)- Production du bois*

L'arganier fournit un bois pour la fabrication d'objets d'exploitation familiale (charrues, outils, ustensiles) et ses perches conviennent pour la construction des habitations. Aussi son bois permet de produire un excellent charbon avec un

rendement élevé, un quintal par stère (Alexandre, 1985). Le bois d'arganier, comme celui des autres sapotacées, est très lourd, solide, d'une coloration souvent foncée, grisâtre (Kenny, 2007). Il a une densité de 0,9 à 1 et une charge de rupture de 1250 à 1500 kg/cm<sup>2</sup> (Benzyane, 1989). Pour ses caractéristiques de dureté, le bois d'arganier s'appelle le bois du fer, néanmoins selon Baumer *et al.* (1999), ce bois est impropre à la menuiserie.

### c)- Production pastorale

L'arganeraie fournit d'abord un terrain de parcours pour les troupeaux, en fait, le seul disponible localement, et qui, dans le cadre d'une gestion équilibrée, peut procurer en moyenne à l'hectare une quantité d'unités fourragères de 300 U.F. pour ce qui est de la strate herbacée, auxquelles il convient d'ajouter quelque 1 00 U.F. apportées par le feuillage (Benchakroun *et al.*, 1989).

Durant les années de sécheresse, les animaux locaux ainsi que les immenses troupeaux venant du sahara sont sauvés par l'arganeraie. Plus de la moitié de l'effectif de cheptel est constituée de chèvres, auxquelles l'arganier fournit une sorte de pâturage aérien. Avec les moutons et les chameaux, qui broutent respectivement les rejets et les jeunes pousses, s'établit ainsi une sorte de partage vertical de la biomasse (Benchakroun *et al.*, 1989). Les feuilles d'arganier sont très appréciées par les caprins et les camelins, représentant ainsi la principale ressource fourragère en période de sécheresse. De plus, sous l'arbre pousse un tapis herbacé où le cheptel tire une grande partie de sa nourriture (Errouati, 2005). La pulpe de fruit de l'arganier, est une source importante d'alimentation aux bétails par sa richesse en éléments nutritifs.

## 3.2- Rôle écologique

Outre les fonctions et les usages cités, il en est un autre rôle vital, c'est la protection du sol et de l'environnement. L'arganeraie constitue un rempart contre la progression du désert. L'arganier s'y maintient non seulement grâce à sa rusticité et à sa résistance à l'aridité, mais aussi grâce à sa grande variabilité génétique. Cette plante ligneuse protège le sol par l'ombre portée de sa cime dense dans les régions subdésertiques où l'ennemi principal de la végétation est la sécheresse et la dessiccation solaire. D'un autre côté, l'arganeraie assure la protection du sol contre l'érosion éolienne et contre le ruissellement favorisant ainsi l'infiltration des eaux de pluies qui alimentent les nappes phréatiques (Benhammou, 2007).

Il est important de signaler également que l'arganier est considéré dans les régions de l'extrême sud comme une ceinture verte contre la désertification. De ce fait, la destruction de cet écosystème entraînerait incontestablement une désertification accrue et une forte pauvreté dans ces régions.

## 4- MODES DE REGENERATION DE L'ARGANIER

L'Arganier peut se régénérer naturellement par graines (germination) ou par rejets de souche. Le reboisement (régénération artificielle) est utilisé pour pallier à une absence ou déficience de la régénération naturelle (Benkheira, 2009).

#### 4.1- Régénération naturelle

La régénération par germination naturelle se fait par le biais des graines qui tombent sur le sol. Cette régénération nécessite, bien entendu, des conditions écologiques (*climat et sol*) appropriées pour la germination des graines. Par contre, l'installation des jeunes pousses, nécessite la présence d'une strate sous-ligneuse pour assurer leur protection et leur développement.

Au niveau de son aire de répartition, l'arganier semble souffrir d'une absence quasi-totale de régénération naturelle sauf dans de très rares endroits localisés en bordure de cours d'eau, semblant profiter d'un maximum d'humidité ( Benkheira, 2009).

Le ramassage systématique des fruits, le surpâturage aérien par la chèvre et les modes d'utilisation du sol, sont à l'origine du vieillissement des peuplements et de l'handicape chronique de la régénération naturelle (Belghazi *et al*, 2011). Selon Kchairi (2009), la régénération naturelle au sein de l'arganeraie de Tindouf est assurée par les rejets de souche (*drageons et rejets de racines*). D'après M'Hirit (1989), ce mode de régénération donne d'excellents résultats au Maroc; cependant, il est fonction de l'âge de la souche et de sa capacité à rejeter et gagnerait à être complétée le plus souvent par des plantations.

#### 4.2. Régénération artificielle

Afin de pallier les inconvénients de la régénération naturelle citée en haut, les gestionnaires des forêts ont eu recours depuis plusieurs années à la régénération artificielle par plantation suivant un programme ambitieux. Cependant, beaucoup de difficultés ont été enregistrés suite aux taux de reprise des plants sur le terrain qui restent en générale très modiques (Belghazi *et al*, 2011).

D'après certains auteurs (Mokhtari, 2002 et Miloudi, 2006), le pouvoir germinatif des graines d'arganier varie selon la date de récolte et l'état physiologique des semences. En revanche, la germination est facilitée par un pré-trempage des graines à l'eau pendant 4 jours. Ce traitement permet d'obtenir des pourcentages de germination élevés, dépassant les 80% (Kchairi et Lakhdari, 2002 et Miloudi, 2006).

La mycorhization des jeunes germinations est très recommandées en pépinière. Elle est bénéfique non seulement pour améliorer la croissance des jeunes sujets, mais aussi pour avoir une bonne reprise lors de la plantation et une meilleure résistance vis-à-vis des agents pathogènes. Selon Nouaim et Chaussod (1994), la longueur moyenne des plantules inoculées par des

mycorhizes est 3 à 4 fois supérieure à celle des témoins et ça à l'âge de six mois de croissance.

La multiplication végétative est également utilisée pour propager l'arganier. Mokhtari (2002) rapporte que la multiplication d'argan par le bouturage donne des résultats satisfaisants. C'est une voie qui assure la conformité génétique des individus produits. D'un autre côté, Mangin (1990) signale que la multiplication *in vitro* d'*Argania spinosa* à partir de pieds mère ne pose aucun problème. Elle a permis d'obtenir un grand nombre de plants génétiquement contrôlés.

## 5. MODES DE TRAITEMENT DE L'ARGANIER

BOUDY (1952) rapporte que les arganeraies se caractérisent par deux modes de traitement qui sont la futaie sur souche et le taillis. Alors que, la futaie sur souche est l'aspect habituel de l'arganier cultivé. Cependant, le second mode est celui du taillis qui se confond avec la futaie sur souche et se distingue par 5 à 8 sujets de 0,2 m de diamètre par souche.

## 6. MALADIES ET RAVAGEURS DE L'ARGANIER

### 6.1 Maladies

Mis à part quelques lichens qui peuvent se développer sur le tronc des arbres proches du littoral, aucune maladie cryptogamique n'a été identifiée à ce jour chez l'arganier (M'hirite *et al*, 1998).

### 6.2. Ravageurs

L'arganier est attaqué par plusieurs insectes ravageurs. La liste complète mentionnée par Rungs en 1950 (M'hirite *et al*, 1998) est résumée dans le tableau ci-dessous.

**Tableau III-** Principaux insectes ravageurs des peuplements à *Argania spinosa* (D'après Rungs, 1950 In M'hirite *et al*, 1998).

Insecte ravageur	Ordre	Dégâts engendrés
Le criquet : <i>Schistocera gregaria</i> Forsk.	Orthoptère	Dégradation de jeunes pousses.
<i>Sinoxylon ceratoniae</i> L.	Coléoptère	Xylophage dégradant les troncs fraîchement coupés.
<i>Xylomedes coronata</i> Mars.	Coléoptère	Xylophage dégradant le bois coupé.
<i>Pinechora fasciata</i> Steph .	Coléoptère	Xylophage dégradant le bois mort.
<i>Bolivarta oculata</i> Esc.	Coléoptère	Xylophage dégradant les différents types de bois.
La mouche des fruits d'Arganier.	Diptère	S'attaque aux fruits.
Les cochenilles	Homoptère	Dégradation du feuillage.

Nous signalons également que, certains rongeurs comme l'écureuil de barbarie *Atlantoxerus getulus* L., et le rat de sable peuvent causer des graves dégâts aux fruits par la consommation des graines ou des amandes ( M'hirite *et al*,1998).

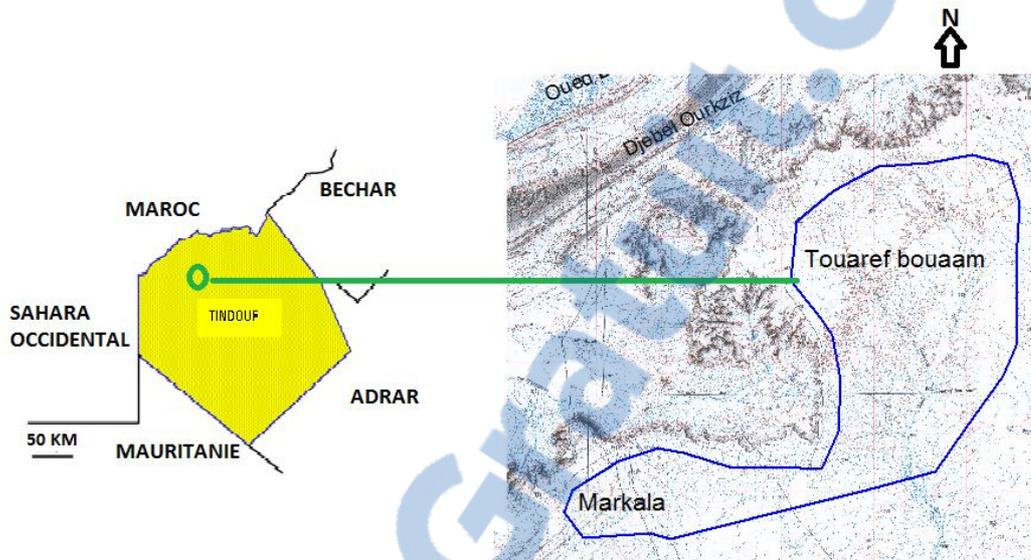
# **Chapitre II**

## **Caractères généraux de la zone d'étude**

## 1- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

### 1.1- Localisation géographique

La Wilaya de Tindouf occupe une position géostratégique sur la partie Sud-Ouest de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 158,874 km<sup>2</sup> représentant 6,67 % de la superficie totale du Territoire National. Elle est limitée au nord par le Maroc, au nord-est par la wilaya de Béchar, à l'ouest par le territoire du Sahara occidental, à l'est par la wilaya d'Adrar et au sud par la Mauritanie (**Fig. 6**).



**Fig. 6-** Situation géographique de la wilaya de Tindouf et localisation de la zone d'étude

### 1.2. Relief ou contrastes physiques

Le bassin de Tindouf est limité au Sud par la dorsale Reguibat, au Nord par l'Anti-Atlas, à l'Est par la chaîne d'Ougarta et la dépression de Reggan et à l'Ouest par le bassin d'El Aïoun et la chaîne des Mauritanides. Ce bassin a une longueur de 800 km, dont 540 km en Algérie et d'une largeur de 200 à 250 km.

L'évolution du bassin de Tindouf montre une grande différence entre sa partie Nord et sa partie Sud. Cette différence est liée surtout à l'âge des formations : plus anciennes et beaucoup plus profondes au Nord avec 8000 m de sédiments, qu'au sud avec 1500 m de sédiments en moyenne). Leur structuration est complètement différente : le flanc Sud est une structure monoclinale avec un très faible pendage vers le Nord (1 à 3° en moyenne) et le flanc Nord fortement redressé contre l'Anti-Atlas marocain et plissé (Imessaoudene, 2012).

La région de Tindouf est relativement homogène. Elle est caractérisée par l'extension de la plate-forme Tabulaire des Hamadas et la haute région au Nord-est d'une altitude de 780 m. Au Nord du Djebel El-Ouarkiz, l'altitude est plus basse de l'ordre 255 m (Kchairi, 2009). L'altitude moyenne est de l'ordre de 450 m. Dans l'ensemble, la topographie est plane avec des pentes faibles se situant entre 0 et 3 % (Benkheira, 2009).

### 1.3. Pédologie

D'après les premiers résultats d'une étude en cours effectuée par la DGF, plusieurs types de sol ont été distingués dans la région, nous citons à titre d'exemple:

- les sols minéraux bruts ou sols très peu évolués qui se trouvent principalement dans les sommets des djebels ;
- les sols peu évolués qui se trouvent en piedmont de relief et sur les lits des oueds ;
- les régosols qui se trouvent à la hamada ;
- les lithosols qui se trouvent sur les versants rocheux, et les fonds de ravins ;
- les fluvisols qui se trouvent sur les oueds, sebkhas et dayas.

### 1.4. Hydrographie

Sur le plan hydrographique, le bassin de Tindouf s'ouvre à l'Est, au Nord du Tanezrouft, sur le bassin d'Oued Daourat recevant en amont de Hassi Remlia les eaux des oueds Ziz et Rhéris collectant en territoire marocain, le ruissellement du Haut-Atlas oriental. Cependant, même lors des rares crues de ces oueds parvenant jusqu'à, les eaux de l'oued Daourat s'étalent au gré de la topographie plate de la Hamada du Drâa et de l'Erg Iguidi où l'évaporation aidant, elles disparaissent et n'atteignent pas la partie centrale du bassin de Tindouf (UNESCO, 2006).

Bumer *et al.* (1999) signalent l'existence de la nappe phréatique à la profondeur de dizaine de mètres en oued Bouyadhil, qui fait partie de l'arganeraie de Tindouf. Les Oueds de la région sont totalement temporaires suite au son caractère désertique.

### 1.5. Population et activités socio-économiques

La wilaya de Tindouf compte une population de 35534 habitants en 2010 (MSPRH, 2013) dont 33178 habitants à la commune de Tindouf et 2356 habitants à celle d'Oum El-assel.

Les principales activités sont l'agriculture et l'élevage. D'autres activités sont pratiquées à moindre échelle, à savoir le commerce et l'artisanat.

## 2. Paramètres climatiques

La pluie et la température constituent la charnière du climat. Elles influencent de façon directe la végétation. Afin de caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité des données météorologiques de la période 2003 jusqu'à 2012.

### 2.1. Pluviométrie

Les précipitations constituent avec la température les éléments les plus importants qui définissent le climat d'un lieu donné (El khatri, 2003). D'après Ozenda (1977), au milieu désertique les précipitations sont très faibles et conventionnellement sont en dessous de 200 mm/an. Le tableau ci-dessous donne la pluviométrie moyenne mensuelle de la région de Tindouf.

**Tableau IV.** Précipitations moyennes mensuelles enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012 (Source : [www.tutiempo.com](http://www.tutiempo.com))

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Cumul
Pluies (mm)	2,72	<b>15,06</b>	4,62	2,41	3,92	1,14	0,38	5,18	7,67	11	0,35	3,02	57,48

D'après l'analyse des données du tableau IV, la région de Tindouf reçoit une tranche pluviométrique annuelle faible (environ 57,48 mm). Les maximums des pluies sont enregistrés dans le mois de février, alors que les mois de Juillet et novembre ne reçoivent que de faibles quantités.

## 2.2- Température

Un autre paramètre climatique qui peut jouer un rôle capital dans le développement des végétaux : c'est la température de l'air. Si les températures trop hautes peuvent avoir une influence sur le comportement physiologique et la régénération de certaines plantes, les températures trop basses peuvent engendrer de graves dégâts et tuer dans certains cas des peuplements entiers. Nous présentons dans le tableau ci-dessous les températures mensuelles moyennes pour la région de Tindouf.

**Tableau V-** Températures moyennes mensuelles (en °C) enregistrées dans la région de Tindouf durant la période 2003-2012 (Source : [www.tutiempo.com](http://www.tutiempo.com))

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Annuelle
TM	21,01	23,41	28,38	31,37	34,57	39,24	<b>44,29</b>	42,99	37,97	32,24	26,89	21,9	32,02
Tm	<b>6,63</b>	8,92	12,84	14,76	17,32	21,11	27,29	26,73	22,74	18,04	12,29	8,33	16,41
T	13,82	16,16	20,61	23,06	25,94	30,17	35,80	34,86	30,26	25,14	19,59	15,11	<b>24,21</b>

*TM : température maxima ; Tm : température minima ; T : température moyenne.*

L'analyse du tableau V, indique que la température moyenne annuelle est de 24,21°C, avec un minimum de 6,63°C enregistré pour le mois de janvier alors que le mois le plus chaud est celui de juillet avec 44,29°C.

## 2.3- Autres facteurs climatiques

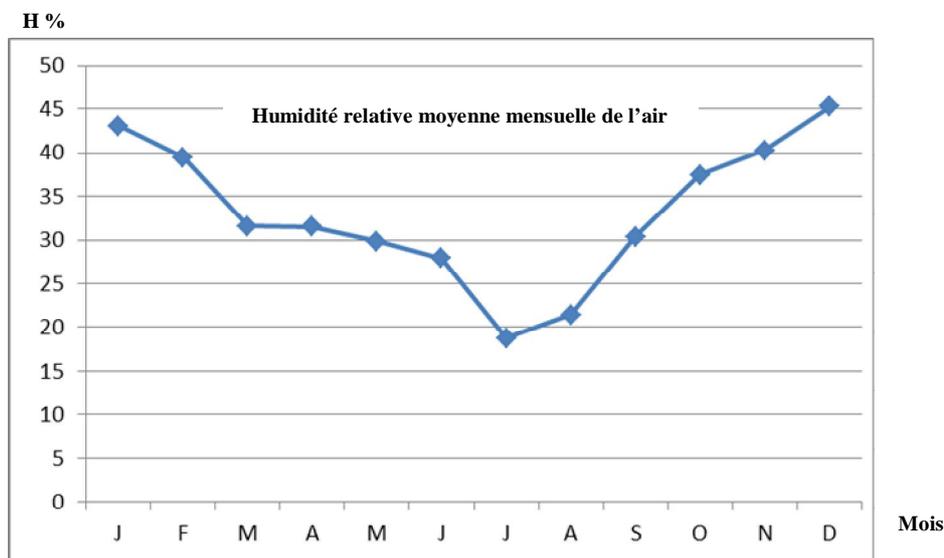
### 2.3.1- Humidité atmosphérique

L'humidité relative de l'air ou degré hygrométrique, c'est-à-dire le rapport entre la teneur réelle de l'air en vapeur d'eau et la teneur d'un air saturé à la même température, reste très faible dans la région de Tindouf. L'analyse des

données du Tableau VI et de la Figure 7, fait ressortir un maximum en humidité moyenne en hiver, durant le mois de décembre avec 45,23% et un minimum en été, durant le mois de juillet avec 18,78%. Au Sahara central cette valeur peut tomber jusqu'à 4 % (Ozenda, 1977). D'après le même auteur, l'humidité relative de l'air est naturellement plus forte en hiver qu'en été et la nuit que le jour. Nous signalons également que, la région de Tindouf enregistre un taux d'humidité annuel moyen inférieur à 50%. Ces données indiquent que l'évapotranspiration est importante, ce qui nécessite des quantités énormes en eau pour satisfaire les besoins des plantes.

**Tableau VI.** Humidité relative moyenne mensuelle de l'air enregistrée dans la région de Tindouf entre 2003-2012 (Source [www.tutiempo.com](http://www.tutiempo.com))

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H%	43,05	39,46	31,56	31,53	29,85	27,87	<b>18,78</b>	21,43	30,4	37,43	40,22	<b>45,23</b>



**Fig. 7-** Courbe de variation de l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air dans la région de Tindouf pour la période 2003-2012

### 2.3.2 Le vent

Le vent est un phénomène continu au désert, ce qui engendre l'érosion éolienne ainsi que la formation des dunes (Ozenda, 1977). Le tableau ci-dessous résume la vitesse moyenne mensuelle du vent dans la région de Tindouf.

**Tableau VII.** Vitesse du vent moyenne mensuelle enregistrée dans la région de Tindouf entre 1990-2000 (source ONM, In Kchairi, 2009)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy. Annu.
Vents (m/s).	3,5	3,5	4,3	5,4	5,3	5,3	4,3	4,5	4,3	3,7	3,1	3,1	4,19

L'analyse du tableau VII, montre que la région de Tindouf se caractérise par une vitesse moyenne mensuelle du vent oscillante entre 3,1 m/s comme

minimum enregistré pour les mois de novembre et décembre et 5,4 m/s comme vitesse maximale enregistrée en avril. La lecture des données de ce tableau indique également que les grandes vitesses du vent sont enregistrées particulièrement durant la saison du printemps.

### 3- SYNTHÈSE CLIMATIQUE

De nombreux indices ont été élaborés pour caractériser le climat d'une région. Ils font intervenir particulièrement, la conjonction des paramètres quantifiables qui sont la température et la pluviométrie. Le climat méditerranéen a été caractérisé par plusieurs chercheurs à savoir, BAGNOULS et GAUSSEN (1953); EMBERGER (1955) et Sauvage (1963).

#### 3.1- Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Le diagramme Ombrothermique est une représentation graphique qui permet de déterminer la suite successive des mois secs, donc les périodes sèches et humides de l'année. Une période est considérée sèche lorsque  $P \leq 2T$ , sachant que :  $P$ , Précipitations moyennes mensuelles en mm et  $T$ , températures moyennes mensuelles en °C.

L'analyse de la figure 8 fait apparaître que notre zone d'étude est caractérisée par une période sèche qui s'étale presque sur toute l'année.

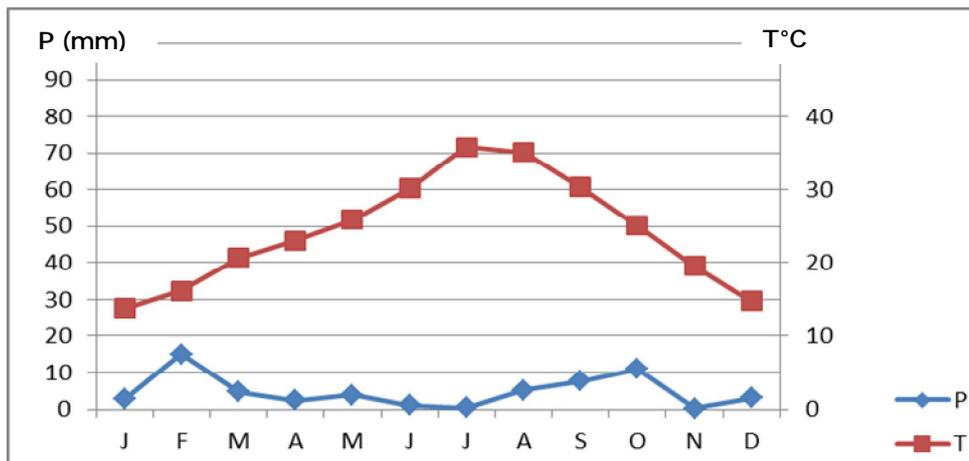


Fig. 08. Diagramme Ombrothermique de la station de

#### 3.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

Le quotient d'Emberger est le plus fréquemment utilisé pour caractériser le climat méditerranéen notamment, celui de l'Afrique du Nord. Ce quotient  $Q_2$  est défini par la formule suivante :  $Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$  avec :

$M$  : température moyenne maxima du mois le plus chaud en degré kelvin (°K).

$m$  : température moyenne minima du mois le plus froid en degré kelvin (°K).

$P$  : précipitation annuelle en mm.

La valeur de  $Q_2$  est d'autant plus élevée que le climat est plus humide. D'après les données climatique de Tindouf ( $M=44,29$  °C  $m= 6,63$  °C et  $P= 57,48$  mm), la valeur du quotient pluviométrique est de  $Q_2= 5,1$ . Selon le diagramme

bioclimatique d'Emberger, la région de Tindouf est classée dans l'étage climatique saharien à hiver tempéré (Fig. 9).

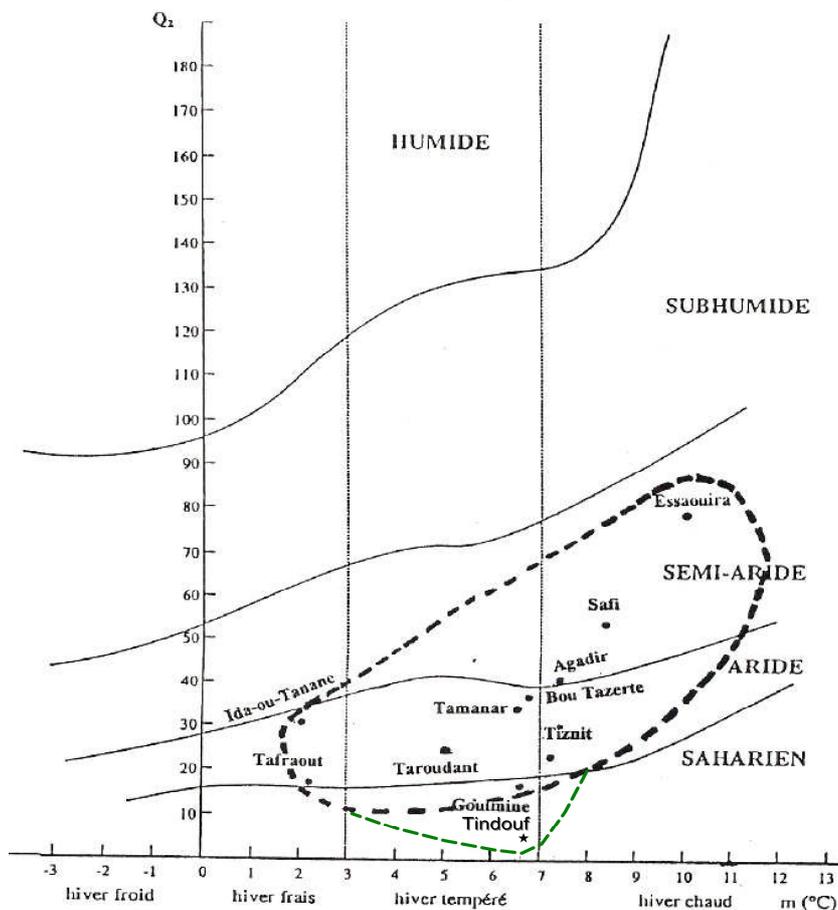


Fig. 9- Place de l'Arganeraie Marocaine ( ) et Algérienne (Tindouf) ( ) dans le Climagramme pluviométrique d'Emberger

### 3.3- Indice d'aridité

Le géographe DEMARTONE a défini en 1929 son indice d'aridité ( $I$ ) en se basant sur la combinaison des régimes thermique et hygrométrique selon la formule suivante :  $I = P / (T + 10)$

$P$ : la pluviosité moyenne annuelle en (mm) et  $T$ : la température moyenne annuelle en (°C). Cet indice est compris entre 0 et 55 (Tableau ci-dessous). Il est d'autant plus faible que le climat est plus aride.

Tableau VIII- Les différents types de climat selon l'indice d'aridité de DEMARTONE (MOISSELIN et al, 2002).

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < I < 5$	Hyper aride
$5 < I < 10$	Aride
$10 < I < 20$	Semi-aride
$20 < I < 30$	Semi-humide
$30 < I < 55$	Humide

Pour la région de Tindouf (P = 57,48 mm et T = 24,2 °C), l'indice d'aridité de DEMARTONE est égal à 1,68. Selon cet indice, le climat de Tindouf est hyper aride (désert absolu).

#### 4- DIVERSITE BIOLOGIQUE

##### 4.1- Flore

Selon une étude du B.E.N.D.R. effectuée en 2002, le recensement des espèces végétales en zones de parcours des camelins à Tindouf a été représenté par :

- la formation à *Tamarix articulata*: elle se trouve dans les grands oueds sablonneux ;

- la formation à *Acacia raddiana*: c'est la formation la plus importante dans la région de Tindouf. Elle est composée particulièrement d'*Acacia raddiana*, et d'*Argania spinosa*, accompagnée de *Rhus tripartitus* et *Retama retam* dans la zone d'Oued El-ma. Le tableau ci-dessous englobe les différentes espèces végétales du cortège floristique de l'Arganier de Tindouf.

**Tableau IX** Les espèces végétales forment le cortège floristique de l'Arganier de Tindouf (\*)

Espèce	Famille
<i>Argania spinosa</i>	Sapotacées
<i>Acacia tortilis</i>	Mimosacées
<i>Acacia radiana</i>	Mimosacées
<i>Anabasis articulata</i>	Chenopdiacées
<i>Asphodelus sp.</i>	Liliacées
<i>Aristida pungens</i>	Graminées
<i>Calotropis procera</i>	Asclépiadacées
<i>Chrysocomoides cassini</i>	Composées
<i>Euphorbia guyoniana</i>	Euphorbiacées
<i>Faidherbia albida</i>	Mimosacées
<i>Genista saharae</i>	Fabacées
<i>Helianthemum lippii</i>	Cistacées
<i>Moricandia arvensis</i>	Brassicacées
<i>Marrubium deserti</i>	Lamiacées
<i>Nolletia sp.</i>	Liliacées
<i>Retama monosperma</i>	Fabacées
<i>Rhus tripartitus</i>	Anacardiées
<i>Zizyphus lotus</i>	Rhamnacées
<i>Zilla spinosa</i>	Fabacées

(\*) D'après les travaux phytosociologiques de Baumer et Zeraia (1999), Lakhdari et Kechairi (2002) et Kechairi (2009)

##### 4.2. Faune

D'après une étude en cours de réalisation par la DGF portant sur le diagnostic écologique de l'arganeraie de Tindouf et dont ses premiers résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous, une grande partie de la faune de la région de Tindouf est menacée de disparition. Les causes sont multiples. Citons à titre d'exemple le braconnage.

**Tableau X-** Diagnostic écologique de l'Arganeraie de Tindouf (D'après DGF, en cours)

Espèces	Caractères écologiques	Situation actuelle	Pressions
Les mammifères : Guépard, Ratel, Ecureuil, gazelles,	Densité faible Ressources alimentaires réduites Mode de vie semi erratique à erratique	Mis à part l'Ecureuil qui montre des populations visibles, les autres espèces sont extrêmement rares dans la zone d'étude	Braconnage Chasse Dérangement par présence de chiens
L'outarde houbara	Densité très faible	Faible	Braconnage, dérangement de Qualité de l'habitat
Les oiseaux migrateurs	Effectifs modestes	Bonne	Aucune
Les reptiles et amphibiens	Discrets Peu connus Adaptés à la vie xérique	Bonne	Braconnage
Les poissons	Population isolée à forte valeur patrimoniale	Assez bonne	Pollution des eaux Assèchement de la Guelta

## 5- CONCLUSION

Située dans l'extrême sud-ouest de l'Algérie, la région de Tindouf est caractérisée par une topographie assez plane et une géologie relative à l'époque paléozoïque. Les ressources hydriques principales de la région sont surtout les eaux souterraines qui sont représentées essentiellement par les eaux des Oueds temporaires peuplés d'une végétation spontanées.

L'examen des données climatiques de Tindouf indique une nette prédominance de la saison sèche qui s'étale sur toute l'année. Le climat de cette région est de type saharien à hiver tempéré et à forte aridité. Les différents paramètres climatiques peuvent jouer un rôle primordial non seulement dans la biodiversité, mais aussi dans la répartition des différentes communautés biologiques ainsi que leurs aspects sanitaires. En effet, la région de Tindouf présente une diversité floristique et faunistique importante. Elle comporte des espèces rares, très rares et en voie d'extinction. L'arganier fait partie de cette richesse : il faut le protéger et le développer en Algérie.

# **Chapitre III**

## **Matériels & Méthodes**

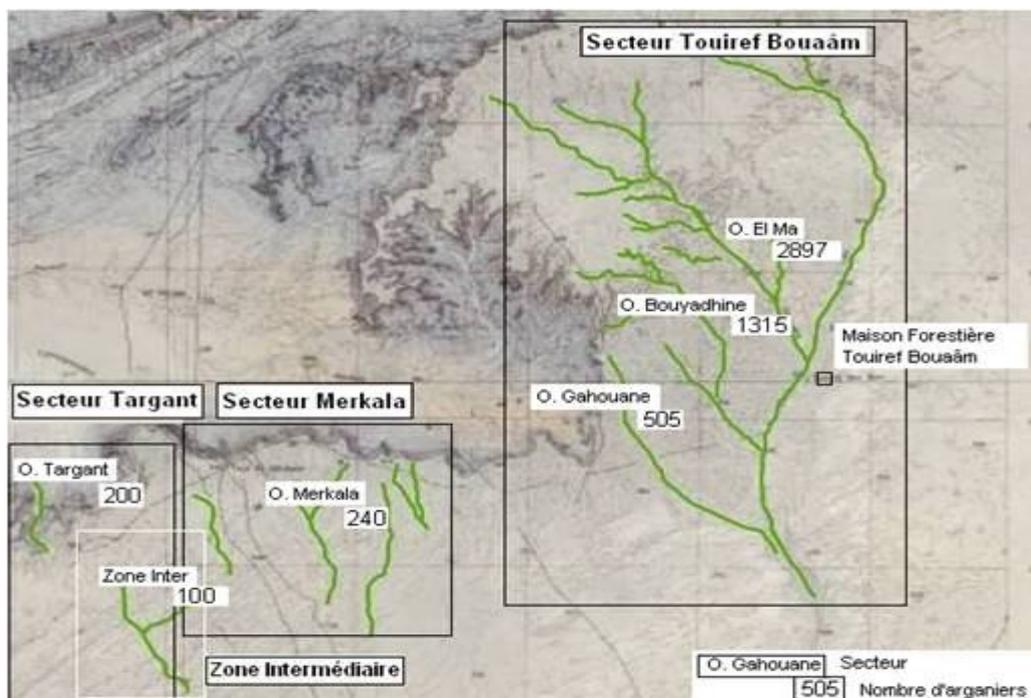
## 1- INTRODUCTION

Afin d'évaluer l'état sanitaire de l'arganeraie de Tindouf, nous avons effectué des sorties sur terrain le mois de Janvier 2013. Cette période coïncide avec la foliation et la croissance du fruit et des jeunes rameaux d'*Argania spinosa* L.

Le choix des placettes d'étude a été effectué en fonction de l'espace d'occupation de l'arganier dans la région de Tindouf (**Fig. 10**). En effet, nos travaux de recherche ont été réalisés dans quatre placettes dont trois installées dans le périmètre de Touaref Bouaam, près de la maison forestière dans laquelle séjourne une brigade forestière de la conservation des forêts de la wilaya de Tindouf. La mission principale de cette brigade est la gestion de la réserve naturelle de l'arganier. Les trois placettes de ce périmètre de Touaref Bouaam sont installées comme suit :

- ✓ une placette installée à oued Bouyadhine
- ✓ la seconde à oued El-Maa
- ✓ la troisième à oued EL-Gahouane

La quatrième placette d'étude a été installée dans le périmètre de Markala.



**Fig. 10-** Les principaux secteurs à potentiel arganier (DGF, en cours).

Les différents axes de recherche abordés dans cette contribution sont les suivants :

- établissement d'une carte de localisation des placettes d'étude ;
- Etude pédologique ;
- Réalisation des relevés phytosociologiques ;
- Etude dendrométriques ;
- Diagnostic sanitaire des placettes choisies.

## **2- CARTE DE LOCALISATION DES PLACETTES D'ETUDE SANITAIRE**

Afin de mettre en évidence la distribution des populations à *Argania spinosa* dans la région de Tindouf, nous avons procédé à une cartographie. Celle-ci est largement utilisée comme moyen et outil d'aide aux aménagements et à la gestion des espaces (Joliveau, 1995 et Bioret, 1995).

### **2.1- Matériel utilisé**

Dans notre étude cartographique, nous avons utilisé le matériel et les logiciels suivants :

- G.P.S modèle M.L.R dont la projection est de WGS 84 ;
- Logiciel MapInfo Professional 8.0 ;
- Une carte topographique (Etat-major) Markala : échelle 1/200.000, projection UTM, fuseau N° 29 et Ellipsoïde Clark 1880.

### **2.2- Méthode adoptée**

Notre étude concerne une formation végétale clairsemée occupante les lits d'oueds. Pour l'installation des placettes d'étude, nous avons choisi les dimensions suivantes : une longueur de 500m le long de lit d'oued et une largeur de 20m (largeur moyenne). A l'aide du logiciel MapInfo 0.8 et la carte topographique de Markala, les points GPS pris sur terrain sont utilisés pour représenter les placettes sous forme de cercles permettant de montrer la distribution de ces placettes dans la zone d'étude.

### 3- Etude du cortège floristique

Une association est un groupement végétal plus ou moins stable, en équilibre avec le milieu ambiant. Elle est caractérisée par une composition floristique déterminée, dans laquelle certains éléments exclusifs, ou à peu près, appelés espèces caractéristiques, indiquent par leur présence une écologie particulière et autonome (Braun-Blanquet 1915 in Jean-Michel, 2006).

Afin de caractériser les groupements phytosociologiques de l'arganeraie de Tindouf, nous avons réalisé à l'échelle de chaque parcelle d'étude un inventaire floristique détaillé.

#### 3.1- Matériel utilisé

Pour la réalisation de cette d'étude du cortège floristique, nous avons utilisé le matériel suivant : Appareil photo numérique, ruban mètre et des sachets en papier. La flore du Sahara (Ozanda, 1977) a été exploitée pour identifier des espèces végétales récoltées dans chaque station d'étude.

#### 3.2- Méthode adoptée

Pour étudier le cortège floristique dans les quatre placettes d'étude, nous avons effectué des relevés floristiques en se basant sur un paramètre qualitatif (présence/absence) des espèces accompagnantes de l'arganier. La méthode d'échantillonnage adoptée est la méthode subjective. Selon Gounot (1966), cette technique est simple et répond très bien aux objectifs ciblés par le chercheur.

D'après plusieurs auteurs (Kassas, 1953 ; Quezel, 1965 ; Barry *et al.* 1981 et Bouchneb, 2000 in Ait Hammouda, 2011), la superficie minimale d'un relevé floristique dans une région saharienne varie entre 100 m<sup>2</sup> et 1000 m<sup>2</sup>. Dans notre étude, nous avons choisi une superficie de 400 m<sup>2</sup>.

D'un autre côté, Jean-Michel (2006) rapporte que trois conditions essentielles sont exigées pour la réalisation d'un relevé floristique, à savoir :

- la dimension adéquate pour contenir un échantillon d'espèces représentatives de la communauté ;
- l'uniformité de l'habitat : le relevé ne débordera pas sur deux habitats différents ;

- l'homogénéité de la végétation, en n'incluant qu'un stade successional ou qu'une phase dynamique ; il existe des outils statistiques pour tester l'homogénéité de la végétation.

Le nombre et le choix de l'emplacement des relevés floristiques varient selon les caractéristiques de chaque placette d'étude à savoir l'aspect de la végétation ainsi que les aspects géomorphologique, topographique et pédologique de ces stations d'étude.

#### 4- Etude pédologie

L'objectif principal de ce travail est la mise en évidence de la relation type du sol/aspect sanitaire de l'arganier dans chacune des quatre stations d'étude. Pour cela, une description des profils pédologiques et une analyse physico-chimique des échantillons des sols ont été effectuées. Les profils pédologiques doivent être représentatifs de la zone de terrain qui nous intéresse. Ils ont été choisis au hasard. Toutefois, il faut s'éloigner de tous les facteurs susceptibles de modifier les caractéristiques du profil tels qu'une forte pente sensible à l'érosion par exemple.

L'analyse granulométrique a été réalisée au laboratoire régional Sud-Ouest d'Adrar de l'Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage (INSID). Les analyses chimiques ont été effectuées au laboratoire de pédologie de la station INRA d'Adrar.

##### 4.1- Matériel utilisé

Le matériel suivant a été utilisé dans cette étude : pH mètre (HANNA), conductimètre (HANNA), agitateur mécanique, étuve (MEMMERT), balance de précision (SARTORIUS), béchers, Tamis de différents diamètres (50  $\mu$ m et 200  $\mu$ m et 2 mm), pipette de Robinson, pipettes (10 ml), flacons en polyéthylène 500 ml, capsules en verre (20 mm et 70 mm), allonges (1000 ml), bain de sable, thermomètre à minima et maxima, chronomètre et pissettes.

#### 4.2- Méthode d'analyse granulométrique

L'analyse granulométrique appelée aussi analyse mécanique, consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm (**Fig. 11**) et à déterminer les proportions relatives de ces catégories, en pourcentage par rapport à la masse totale du sol minéral (Clément et *al*, 1998)



**Fig. 11-** Echelle de classification de particules minérales du sol (D'après Aubert, 1978).

La granulométrie a été déterminée par la méthode internationale modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson. A l'arrivée au laboratoire, les échantillons du sol ont été tamisés (tamis de 2 mm de diamètre). Une prise d'essai de 20 g de terre fine a été pesée et introduite dans un bécher de 600 ml de volume. Par la suite 50 ml d'eau oxygénée à 20 volumes a été ajouté dans ce bécher. Le mélange sol/eau oxygénée est laissé en réaction à froid (sans chauffage) toute une nuit. Le lendemain, le bécher a été porté dans un bain de sable à une température ne dépassant pas les 85 °C (pour éviter la décomposition rapide d'eau oxygénée). Dès que l'effervescence n'est plus aperçue- l'absence d'effervescence est le signe de la destruction totale de la matière organique- le contenu du bécher a été porté à ébullition pendant 10 minutes afin d'éliminer l'eau oxygénée résiduelle.

Après refroidissement, le contenu du bécher a été transversé dans un flacon en polyéthylène de 500 ml de volume d'où 10 ml d'hexamétaphosphate de sodium à 10% a été ajouté et ça afin de disperser les particules agglomérées. Après une agitation d'une heure, le contenu du flacon a été transféré du nouveau dans une allonge de 1000 ml et complété avec du l'eau distillée au trait de jauge. La température du contenu de l'allonge a été amenée à 20°C par contact avec un récipient contenant de l'eau froide.

Après la mise en suspension complète du contenu de l'allonge par des retournements énergiques, des prélèvements ont été effectués à l'aide de la

pipette de Robinson à 20°C et à une profondeur de 10 cm aux temps suivants : 46 secondes (46''), 4 minutes 48 secondes (4'48'') et 8 heures.

D'après la loi de Stokes, le prélèvement effectué à 46 secondes (à 20°C et à 10 cm de profondeur) contient en générale des particules ayant un diamètre inférieur à 50 microns: argile+limon fin et limon grossier avec la surcharge d'hexamétaphosphate de sodium. D'après la même loi et dans les mêmes conditions, le prélèvement effectué à 4 minutes 48 secondes contient les particules dont le diamètre est inférieur à 20 microns : argile+limon fin avec la surcharge d'hexamétaphosphate de sodium. Cependant, le prélèvement effectué à 8 heures contient les particules dont le diamètre est inférieur à 2 microns : argile avec la surcharge d'hexamétaphosphate de sodium.

Les prélèvements ont été portés dans des capsules préalablement tarées puis placés pendant une nuit (16 heures environ) dans une étuve réglée à 105°C. Le lendemain ces capsules ont été pesées à l'aide d'une balance de précision. Ces données permettent la détermination du poids « *Palh* » correspondant au sédiment d'argile + limon fin + limon grossier + hexamétaphosphate contenu dans les 20 ml de la suspension prélevée par la pipette de Robinson à 46 secondes.

Les poids « *Palfh* » et « *Pah* » correspondant successivement : au poids de sédiment d'argile + limon fin + hexamétaphosphate contenu dans les 20 ml de la suspension prélevée à 4 minutes 48 secondes et au poids de sédiment d'argile + hexamétaphosphate contenu dans les 20 ml de la suspension prélevée à 8 heures ont été déterminés de la même façon précédente.

Le poids « *ph* » correspond à la surcharge en hexamétaphosphate contenu dans 20 ml de suspension a été déduit théoriquement. Le poids d'argile « *Pa* » contenu dans 20 ml de suspension est égal à  $(Pah - ph)$ , cependant, celui du limon fin « *plf* » est égal à  $(Palfh - Pah)$  ; du limon grossier « *Plg* » est égal à  $(Palh - palfh)$ .

$Pa$ ,  $Plf$ ,  $Plg$ , permettent de calculer les poids d'argile, des limons fin et grossier contenus dans 1000 ml de suspension c à d dans la prise d'essai de terre. Les résultats sont exprimés en pourcentage.

Après tamisage (*tamis diamètre 50 microns*) de la suspension contenue dans l'allonge, le sable récupéré a été placé dans une capsule et porté à l'étuve à 105°C pendant une nuit puis pesé. La séparation du sable fin et celui grossier a été faite par tamisage à sec en utilisant un tamis de 200 microns. Ces sables ont par la suite été pesés.

#### 4.3- Mesure du pH et de la conductivité électrique

Le pH de chaque horizon a été déterminé au laboratoire. Après tamisage (*tamis de 2 mm d'ouverture*), 10 g de terre a été placée dans un bécher puis additionnée de 50 ml d'eau distillée. Les mesures du pH et de la conductivité électrique ont été effectuées après que le mélange est agité 30 minutes puis laissé reposé 20 minutes.

### 5- RELEVÉS DENDROMETRIQUES

Dans le domaine de la sylviculture, si des critères qualitatifs sont très souvent utilisés pour décrire et comparer les peuplements, il est parfois nécessaire de faire appel à des données chiffrées pour affiner la description et mieux comprendre l'évolution d'une parcelle (Sylvain, 1996).

L'étude dendrométrique permettra l'estimation de la densité et la détermination de la structure des placettes d'études. Nous avons effectué au sein de chacune de ces placettes, des mesures de la hauteur des arbres et les circonférences à 1m30 de chaque tige.

#### 5.1- Matériel utilisé

Pour mesurer la hauteur des arbres d'arganier, nous avons utilisé une croix de bûcheron. Cependant, la circonférence à 1,30 m des tiges a été mesurée à l'aide d'un ruban mètre. La valeur de la circonférence nous a permis de calculer le diamètre des arbres.

Les analyses statistiques ont été faites en utilisant le logiciel Minitab 15.6.

## 5.2- Méthode suivie

Le tronc de l'arganier est le plus souvent fourché. Il est composé de plusieurs tiges à la fois. Pour effectuer nos mesures, nous avons pris en considération la tige dominante. Nous signalons également que suite à l'aspect épineux de l'arganier, nous avons rencontré dans certains cas des difficultés pour mesurer la circonférence des bois à l'aide du ruban mètre. Dans ces cas, une estimation visuelle de la circonférence a été effectuée.

Dans la présente étude, nous avons utilisé la méthode d'inventaire complet ou bien 'pied par pied'. Selon Tomasini (2002) et Lecomte (2008), cette méthode consiste à faire des mesures exhaustives de tous les sujets du peuplement par essence et par classe de diamètre à partir d'un seuil de précomptage. Nous n'avons pas pris en considération dans les relevés dendrométriques les sujets ayant moins de 2 m de hauteur et ceux ayant une circonférence moins de 5 cm (kchairi, 2009). Le tableau ci-dessous illustre les différentes classes de hauteur et de diamètre mesurées.

**Tableau XI-** Les classes de diamètre et hauteur des mesures dendrométriques d'Arganier

Paramètres	Classes par catégorie
Hauteur (en m)	<b>1</b> (2-3) ; <b>2</b> (3,1 - 4) ; <b>3</b> (4,1 - 5) ; <b>4</b> (5,1 - 6) ; <b>5</b> (6,1 – 6,99) ; <b>6</b> ( $\geq 7$ ).
Diamètre (en cm)	<b>1</b> (<10) ; <b>2</b> (10 - 20) ; <b>3</b> (21 - 30) ; <b>4</b> (31 - 40) ; <b>5</b> (41 - 50) ; <b>6</b> (>50)

## 6- RELEVES SANITAIRES

### 6.1- Déficit foliaire

A l'aide de la méthode de déficit foliaire, l'état de santé d'*Argania spinosa* à Tindouf a été évalué. Cette méthode consiste en l'attribution d'une classe pour

chaque arbre en fonction de l'aspect du houppier. En effet, l'aspect du houppier (constitué des branches, des rameaux et du feuillage d'un arbre) constitue un bon indicateur de l'état de santé d'un peuplement (DSF, 2010 : *Département de la santé des forêts*). Chaque arbre d'arganier de chaque parcelle se voit attribué une classe allant du moins dépérissant (classe 1) au plus dépérissant (classe 4) (**Tab. XII**). Pour observer les points les plus hauts du houppier nous avons utilisé des jumelles de marque BARSKA.

**Tableau XII-** Les différentes classes de déficit foliaire utilisées pour estimer l'état de santé du houppier d'*Argania spinosa*

Classes	Pourcentage du feuillage affecté	Déficit foliaire	Etat du sujet (Fig. 12)
1	0 - 25 %	faible	Arbre sain
2	30 - 60 %	modéré	Arbre affaibli
3	> 65 %	fort	Arbre dépérissant
4	Mort (100%)	Arbre sec (mort)	Arbre mort



**Fig. 12-** les classes de déficits foliaires observés chez l'arganier à Tindouf  
(1 Arbre sain, 2 Arbre affaibli et 3 Arbre dépérissant).

## 6.2- Indice de santé

L'indice de santé permet d'exprimer de façon directe l'état sanitaire général du peuplement à partir de l'ensemble des classes de déficit foliaire des arbres observés individuellement. Il est calculé par la formule suivante :

$$IS = ((n1 * p1)(n2 * p2)(n3 * p3)(n4 * p4)) / N$$

Avec :  $ni$ , est le nombre d'arbre de la classe  $i$  ;  $pi$  est le poids de la classe et  $N$ , le nombre totale des arbres observés dans la placette.

Le tableau ci-dessous donne l'aspect sanitaire des arbres en fonction de la valeur de l'indice de santé calculé ( $Is$ ).

**Tableau XIII-** Statut sanitaire du peuplement observé en fonction de son indice de santé ( $Is$ )

Indice de santé « $Is$ »	Statut sanitaire du peuplement
$Is \leq 1,5$	Sain
$1,5 < Is \leq 2,0$	En début de dépérissement
$2,0 < Is \leq 2,5$	En dépérissement assez grave
$Is > 2,5$	En dépérissement grave ou fortement dépérissant

#### 7- ISOLEMENT, PURIFICATION ET IDENTIFICATION DES CHAMPIGNONS ASSOCIES AUX DEGATS DES TERMITES

Durant les sorties sur terrain, effectuées avec objectif principal l'évaluation de l'état sanitaire des peuplements d'arganier dans la région de Tindouf, la dégradation de l'écorce et du bois par les termites a tiré notre attention. En effet, les parties attaquées sont regagnées par le sol qui est apporté et coulé à l'extérieur par ces termites. Probablement, il existe une relation symbiotique entre les termites observés et les différents champignons phytopathogènes responsables de la dégradation du bois chez *Argania spinosa*. De plus, l'aspect du bois attaqué par les termites ressemble beaucoup aux altérations cryptogamiques des bois chez autres essences. A notre avis, il n'existe aucun travail de recherche portant sur l'effet des termites et des agents fongiques responsables du dépérissement de l'arganier à Tindouf.

Afin de mettre en évidence cette relation, nous avons abordé des essais d'isolement des champignons à différent niveau : du sol, à partir du bois et écorce des sujets sains et ceux attaqués par les termites.

### 7.1- Matériel utilisé

Pour les différents essais d'isolement, de purification et d'identification des champignons, le matériel suivant a été utilisé : une hotte à flux laminaire, une balance de précision, un agitateur, des boîtes de Pétri, un milieu de culture PDA, des pipettes, des micropipettes, des béchers, des tubes à essai, une étuvé, un incubateur, un autoclave, un micro-onde et un microscope photonique.

Nous avons utilisés des échantillons d'un sol provenant de la placette d'étude de Markala : sol indemne (*où nous n'avons pas constaté des termites*) et sol installé sur les arbres par les termites (*sol des meules*). Des branches (*bois et écorce*) d'arganier attaquées par les termites et d'autres saines ont également été utilisées. Une clef d'identification des champignons de Barnett et *al*, a été également utilisée.

### 7.2- Isolement des champignons à partir du sol

Pour chacun des deux types du sol (*sol indemne de termites prélevé à 30 cm, et sol des meules recouvrant les branches attaquées par les termites*), nous avons introduit dans des tubes à essai stériles 1g du sol, auxquels sont ajoutés 10 ml d'eau distillée stérilisée. Les tubes sont par la suite agités et laissés sédimenter à la température ambiante du laboratoire.

0,1 ml de chacune des suspensions préparées, déposée à l'aide d'une micropipette à la surface des boîtes Pétri contenant le milieu de culture PDA (Potato, Dextrose, Agar) additionné de 100 mg de *Streptomycine* par litre de milieu afin d'éliminer les bactéries. Par la suite, la quantité de la suspension a été réparti d'une manière homogène sur la boîte de pétri.

L'incubation des boîtes est effectuée dans un incubateur sous une température de 28°C. L'observation à l'œil a été faite après 72 heures, afin de

dénombrer les champignons développés. Les paramètres morphologiques tels que la forme et la couleur des colonies mycéliennes ont été utilisés.

### **7.3- Isolement des champignons à partir du bois et écorce des sujets sains et ceux attaqués par les termites**

Les fragments (du bois et de l'écorce) sains ou attaqués sont rincés à l'alcool 90°, puis découpés à l'aide d'un scalpel en petits morceaux de 7 mm de long. Ils sont ensuite traités pendant 2 mn dans une solution d'eau de javel diluée en 5 % puis rincés dans l'eau distillée stérile et séchés par un papier filtre stérile. Ces échantillons sont déposés dans des boîtes de Pétri contenant le même milieu précédemment décrit (*milieu de culture PDA additionné de 100 mg/l de streptomycine*). La technique d'ensemencement et les conditions d'incubation ainsi que les paramètres d'évaluation morphologiques des colonies sont identiques à ceux utilisés pour isoler les champignons du sol (7.1).

### **7.4- Purification**

Après le développement de différentes colonies mycéliennes (différents aspects : couleur, forme), ces colonies fongiques ont subi des repiquages successifs sur des milieux neufs afin d'avoir une souche pure.

### **7.5- Observation et identification de souches obtenues**

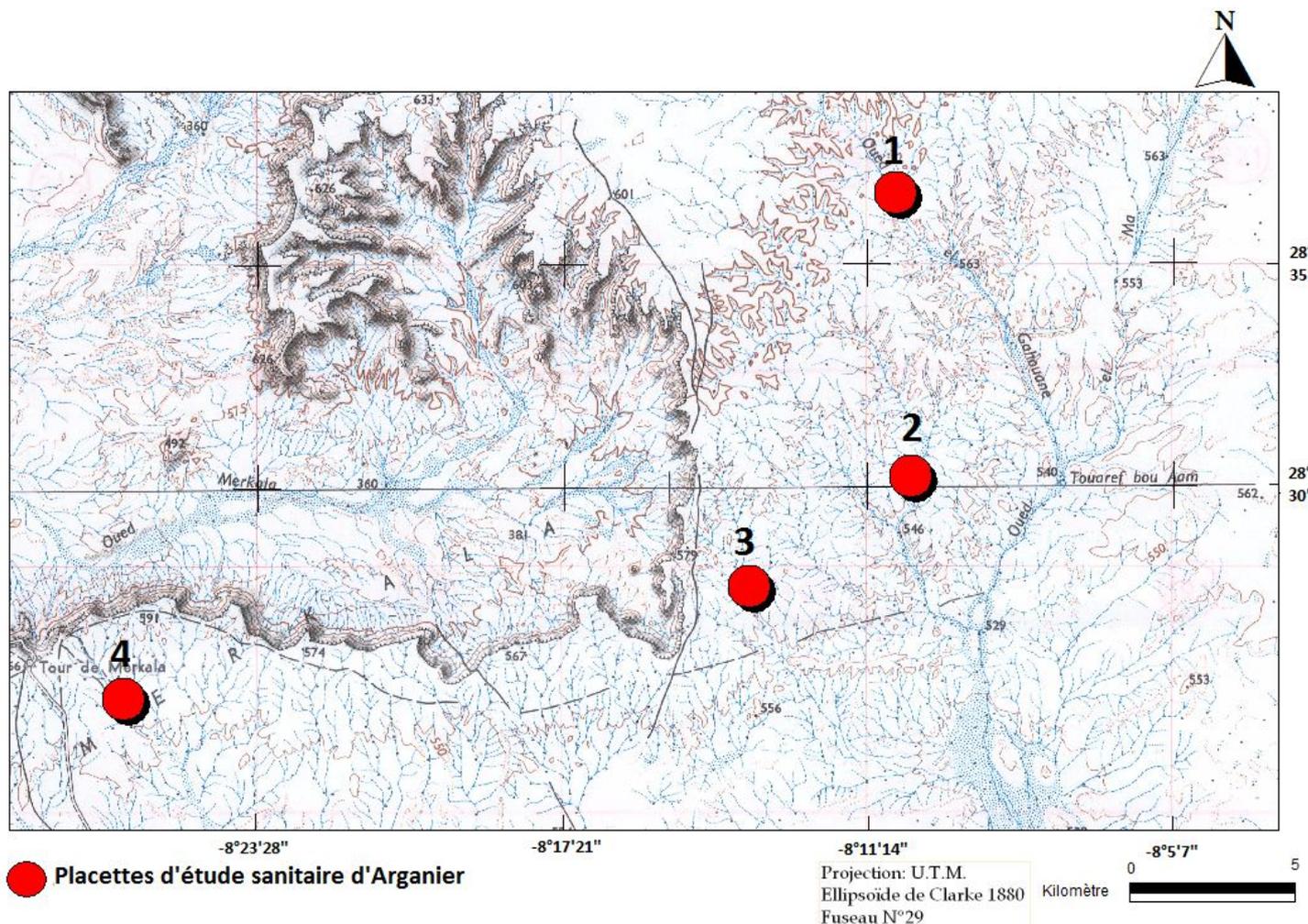
Des échantillons ont été préparés pour chaque souche obtenue. Cette préparation consiste à mettre entre lame et lamelle un fragment de mycélium coloré en bleu de méthylène. Ces échantillons ont été observés sous microscope photonique à différents grossissements. Les observations effectuées nous ont permis d'identifier certains champignons grâce à la forme des mycéliums et leurs couleurs ainsi que la forme de structures de reproduction sexuées et asexuées et leur couleur également.

# **Chapitre IV**

## **Résultats & Discussion**

### 1- CARTE DE LOCALISATION DES PLACETTES D'ÉTUDE

Dans un premier temps, nous avons réalisé une carte de localisation géographique des placettes d'étude dans la région de Tindouf (**fig.13**).



**Fig.13** Carte de localisation des placettes d'étude : 1- Oued EL-Ma ; 2- Oued Bouyadhine ; 3- Oued EL-Gahouene ; 4- Oued Merkala.

La lecture de la figure ci-dessus montre que toutes les placettes choisies pour la réalisation de ce travail ont été installées dans les oueds peuplés par *Argania spinosa* dans la région de Tindouf. Il s'agit de 'Oued EL-Maa' avec 2897 arbres, 'Oued Bouyadhine' avec 1315 arbres, 'Oued EL-Gahouene' avec 505 sujets et 'Oued Merkala' 240 arbres (DGF, en cours).

L'altitude des ces placettes d'étude est comprise entre 540 m et 590 m. La distance qui sépare la première placette de 'Oued EL-MAA' de celle de Merkala est de 37 kilomètre.

## 2- ETUDE DU CORTEGE FLORISTIQUE

La liste des espèces inventoriées dans les quatre placettes d'étude ainsi que leur fréquence est donnée dans le tableau ci-dessous. Ce tableau à double entrée, dans lequel chaque ligne est affectée à une espèce et chaque colonne à un relevé. Il donne également les valeurs de présence (**1**) et d'absence (**0**) des espèces. Dernière colonne : fréquence absolue des espèces (**Fr**). Les espèces sont arrangées par fréquences décroissantes. Dernière ligne : nombre d'espèces par relevé. Dernier nombre (gras) : nombre total d'espèces recensées (richesse spécifique observée, S). Le nombre moyen d'espèces par relevé est de 3,8.

**Tableau XIV-** Les espèces végétales formant le cortège floristique de l'Arganier dans les quatre placettes d'étude à Tindouf.

Placette	Oued Bouyadine						Oued El-Maa			Oued El-Gahouene				Oued Merkala				FR (*)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Relevé N°																		
Espèces																		
<i>Argania spinosa</i>	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	15
<i>Acacia raddiana</i>	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	10
<i>Anabasis aretioide</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	6
<i>Rhus tripartitus</i>	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	6
<i>Anvillea radiata</i>	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
<i>Randonia Africana Coss.</i>	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
<i>Launea arborecans</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Retama retam</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
<i>Pancratum saharae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
<i>Heleanthemum lippii</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Gymnocarpos decander</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Purgularia tamentosa</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Panicum turgidum Forsk</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
<i>Farsetia ramosissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Convovulus sendree</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
total d'espèces	1	4	5	6	7	5	7	2	1	5	2	4	1	4	3	3	5	<b>15</b>

\* La fréquence d'une espèce est le nombre de fois une espèce est présente dans un tableau (fréquence *absolue*) ou par rapport au nombre total de relevés dans le tableau (fréquence *relative*).

L'analyse des données du tableau XIV, permet de constater que le cortège floristique d'*Argania spinosa* est assez diversifié. En effet, plusieurs familles ont été recensées. Selon Boudy (1952), l'association végétale de l'arganier est complexe en raison d'un mélange entre espèces de provenance Atlantique et du Sahara tropicale, en plus, des espèces méditerranéennes.

**Tableau XV** - Les espèces végétales et leurs familles recensées dans l'arganeraie de Tindouf

Espèces	Famille
<i>Argania spinosa</i>	Sapotacées
<i>Acacia raddiana</i>	Légumineuses
<i>Anabasis aretioide</i>	Chénopodiacées
<i>Rhus tripartitus</i>	Térébinthacées
<i>Anvillea radiate</i>	Composées
<i>Randoniaa fricana</i> Coss	Résédacées
<i>Launea arborecans</i>	Composées
<i>Pancratum saharae</i>	Liliacées
<i>Heleanthemum lippii</i>	Cistacées
<i>Gymnocarpos decander</i>	Caryophyllacées
<i>Purgularia tamentosa</i>	Asclépiadacées
<i>Panicum turgidum</i> Forsk	Graminées
<i>Farsetia ramosissima</i>	Crucifères
<i>Convovolus sendree</i>	Convolvulacées
<i>Retama retam</i>	Légumineuses

## 2.1- Strate arborescente

Dans l'ensemble des relevés effectués, nous avons recensés deux espèces dans la strate arborescente qui sont *Argania spinosa* et *Acacia raddiana* avec des fréquences plus élevées (15/17 et 10/17 respectivement). Ces deux espèces sont les plus fréquentes et les plus communes qui présentent le recouvrement le plus important dans les quatre placettes d'étude.

*Acacia raddiana* (famille des mimosacées), à côté de l'arganier est une essence ligneuse qui représente une importance socio-économique et environnementale particulière dans la région de Tindouf. Elle est appelée communément par les habitants autochtones 'Ettalhe'. Cette espèce est une source de bois utilisé en chauffage, en construction des tentes des nomades, en fabrication d'instruments et de fourrage surtout pour les camelins.

*Acacia raddiana* est un défi contre la désertification dans la région de Tindouf (**fig. 14**). Là où l'érosion hydrique et éolienne dégradent les sols, cet arbre par son système racinaire puissant et sa résistance à l'agressivité du climat procure une bonne protection des sols de la région.



**Fig. 14** - *Acacia raddiana* à oued Tarqant

## 2.2- Strate arbustive

Cette strate est la plus diversifiée avec 10 espèces dont la fréquence des espèces varie entre moyenne, faible et très faible (6/17 ; 5/17 ; 4/17 ; 3/17 ; 2/17 et 1/17). Cette strate présente un recouvrement moins important que la strate précédente (arborescente). Parmi les plantes qui la composent nous citons surtout :

a) ***Rhus tripartitus*** (fig. 15): C'est une plante qui appartient à la famille *Térébinthacées*. Elle est appelée communément par les habitants autochtones 'El-Djdari'. Cette espèce est caractérisée par un feuillage dense de couleur vert foncé. Elle porte une valeur pastorale importante par sa productivité en biomasse élevée. Cet arbuste est très apprécié par le cheptel de la région qui est composé essentiellement de camelins, de caprins et d'ovins.

b) ***Retama retam*** (fig. 16): Cette espèce appartenant à la famille des *Légumineuses* est une plante indicatrice des sols sableux. Le bois de cette plante est considéré dans la région comme excellent bois de chauffage. Par ses caractéristiques physiologiques et morphologiques, notamment son système racinaire puissant, *Retama retam* joue un rôle capital dans la protection des sols des oueds sablonneux contre l'érosion hydrique et éolienne.



**Fig. 15-** *Rhus tripartitus* à oued EL-Gahouene EL-Ma

**Fig. 16-** *Retama retam* à oued EL-Ma

## 2.3- Strate herbacée

Les espèces de cette strate présentent les fréquences de présence les plus faibles : 3/17, 2/17 et 1/17 . Le faible recouvrement de cette strate est la jonction de plusieurs problèmes, notamment ceux du surpâturage, de la sécheresse prolongée et de la dégradation du tapis végétal herbacé sous l'action d'érosion éolienne. Ce phénomène est très constaté sous forme d'accumulation

dunaire sur les lits de certains oueds et sous les pieds d'arganier. Les espèces herbacées constatées sont : *Pancratum saharae*, *Farsetia ramosissima*, *Purgularia tamentosa*.



**Fig. 17-** Les principales plantes herbacées rencontrées dans l'arganeraie de Tindouf

#### 2.4- Conclusion

La liste des espèces végétales recensées dans l'arganeraie de Tindouf montre une flore riche et diversifiée. La strate arborescente est considérée comme la plus dominante. Elle est composée d'*Argania spinosa* et d'*Acacia raddiana*. Ces deux espèces ayant le recouvrement le plus important dans le cortège floristique. En revanche, la strate arbustive est la plus diversifiée et composée de 11 espèces. Par ailleurs, la strate herbacée est caractérisée par le taux de recouvrement le plus faible.

La composition floristique des stations étudiées reflète des conditions bioclimatiques des milieux arides et l'association végétative est dominée par des espèces parfaitement adaptées au climat saharien (xérophiles). Nous signalons enfin que, les conditions édaphoclimatiques, topographiques et géomorphologiques, associées en particulier à l'action anthropique, déterminent en grande partie l'installation et la distribution des espèces composant le cortège floristique de l'arganier à Tindouf.

#### 3 - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES DU SOL

Les sols des lits d'oueds peuplés par l'arganier dans la région de Tindouf sont dans la quasi-totalité des cas des alluvions provenant des versants avoisinants des oueds sous l'action de ruissellement des eaux de précipitation. Les cours d'eau lorsqu'ils ruissellent avec intensité et grande vitesse dégradent les sols des lits d'oueds par le phénomène d'érosion hydrique dans ce sens-là, nous avons constaté sur les lits d'oued plusieurs formes de ce phénomène à savoir la griffe, le griffant, la rigole, la ravine et le ravin. Le facteur topographique de pente importante des lits d'oueds, associé à une texture sableuse, engendre le phénomène d'érosion hydrique qui rend les sols d'oueds à *Argania spinosa* en état de déstabilisation.

L'étude de certaines caractéristiques physicochimiques du sol de la zone d'étude nous a permis d'interpréter certains aspects sanitaires constatés dans l'arganeraie de Tindouf. Les résultats de l'analyse du sol des placettes d'étude sont résumés dans le tableau XVI.

**Tableau XVI - Résultats d'analyse du sol des placettes d'étude**

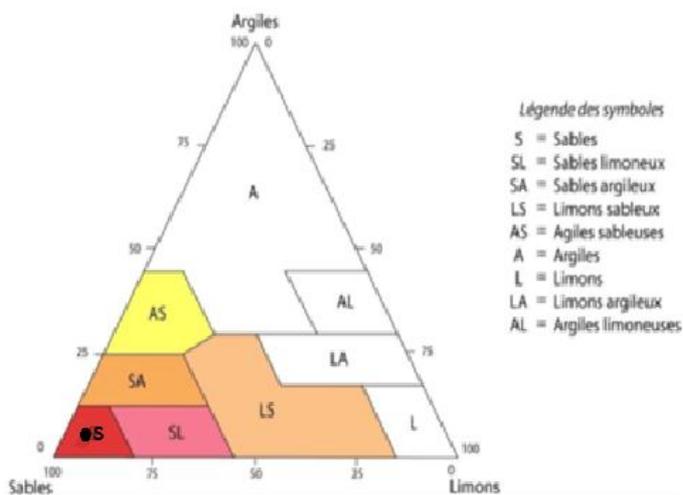
Placettes	N° du Profil	horizon	Profondeur (cm)	AR (%)	LF (%)	LG (%)	SF (%)	SG (%)	pH	C.E ms/cm
Oued Bouyadine	1	supérieur	12	4,5	1,86	1,58	37,67	54,39	8,76	0,05
		intermédiaire	12	4,46	3,79	2,66	58,99	30,1	9	0,08
		Sous-jacente	15	5,45	2,07	1,72	43,79	46,97	8,8	0,1
Oued EL-Maa	2	supérieur	10	4,27	4,34	7,34	58,6	25,45	8,8	0,13
		Sous-jacente	30	5,23	3,65	5,63	66,06	19,4	8,76	0,11
Oued EL-Gahouene	3	supérieur	5	5,02	3,47	0,92	47,52	43,07	8,58	0,13
		Sous-jacente	15	8,37	3,59	2,82	47,56	37,65	8,5	0,17
Oued Merkala	4	supérieur	5	5,82	4,23	5,82	59,73	24,39	8,73	0,11
		Sous-jacente	12	12,02	10,11	6,31	46,71	24,84	8,83	0,08
valeur moyenne				6,13	4,12	3,87	51,85	34,03	8,75	0,11

AR (argile).LF (limon fin).LG (limon grossier).SF (sable fin).SG (sable grossier).

### 3.1- Analyse physique

L'analyse granulométrique ou analyse mécanique consiste à séparer la partie minérale de la terre en catégories classées d'après la dimension des particules minérales inférieures à 2 mm et à déterminer leurs proportions en pourcentage de la masse totale du sol minéral (Clément *et al*, 1998).

Nous avons pris en considération les valeurs moyennes de chaque fraction de texture (sable 85,88%, limon 7,99%, argile 6,13%) et en utilisant le triangle des classes fondamentales de texture du sol de DUCHAUFOR (fig.18), nous constatons que le sol de nos quatre placettes d'étude est de type sableux.



Texture du sol de quatre placettes

**Fig.18-** Localisation des sols étudiés sur le triangle de texture (DUCHAUFOR in Lamour, 2007).

Le sol de l'arganeraie de Tindouf est pauvre en matière organique (kchairi, 2009). La profondeur des sols étudiés est très faible. Elle est de l'ordre de 30 cm en moyenne. Ces deux facteurs cités, associés à une texture sableuse indiquent que les sols étudiés sont caractérisés par une capacité de rétention en eau faible ce qui peut engendrer un stress hydrique lors de la germination des graines d'*Argania spinosa* dans les oueds.

Après une précipitation ou passage des cours d'eau sur le lit d'oued, le sol devient imbibé, la graine d'arganier commence à germer. Pour achever ce stade, la semence a besoin de quelques jours. Si le sol se dessèche avant que la

germination soit terminée, on peut assister à un échec total de ce processus, ce qui a été constaté malheureusement au niveau de l'arganeraie de Tindouf : la régénération par semis est presque nulle dans les lits des oueds.

### 3.2- Analyse chimique

Selon Aubert (1978), la conductivité électrique (C.E) permet d'estimer la teneur globale des sels solubles dans le sol. Le pH peut jouer un rôle dans la croissance des plantes. Une saine gestion du sol commence par la correction des problèmes de pH. De façon générale, les plantes absorbent les nutriments du sol si ces derniers sont dissous dans l'eau.

Le pH du sol, quant à lui, influe sur la solubilité des nutriments et sur l'activité des organismes qui sont responsables de la transformation de la matière organique et de la fixation de l'azote (C.E.A.E.Q\*, 2003).

Echelle de désignation de la salinité du sol en fonction de la conductivité électrique (ms. /cm) est donnée dans le tableau XVII.

**Tableau XVII-** Salinité du sol en fonction de la conductivité électrique (D'après Gagnon, 1996).

Conductivité (ms/cm)	Salinité du sol
0 à 0,11	Très basse
0,11 à 0,35	basse
0,36 à 0,65	normale
0,66 à 0,89	haute
0,9 à 1,1	Très haute
> 1,1	Extrême

La conductivité électrique pour l'ensemble de profils réalisés variée de 0,05 et 0,17 ms/cm avec une moyenne de 0,11 ms/cm. Ces données indiquent que les sols étudiés de l'arganeraie de Tindouf sont caractérisés par une salinité très basse. D'un autre côté, le pH enregistré varié de 8,5 à 9 avec une moyenne de 8,75. Selon les données illustrées dans le tableau XVII, les sols étudiés sont caractérisés par un pH très basiques : ce sont des sols alcalins.

**Tableau XVIII** Type du sol selon son pH (INRAA, 2002)

pH	Type du sol
3,5 à 5	Sol très acide
5 à 6,5	Sol acide
6,5 à 7,5	Sol neutre
7,5 à 8,7	Sol basique
supérieur à 8,7	Sol très basique

Un pH élevé peut inhiber l'assimilation de certains éléments nutritifs. Toutefois, l'arganier dispose d'un complexe symbiotique important, notamment les mycorhizes qui lui permettent de résoudre ce problème physiologique.

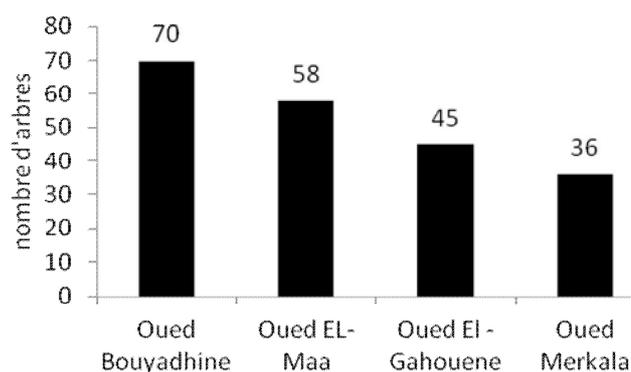
### 3.3- Conclusion

L'étude pédologique réalisée a montré que le sol dans les différentes placettes d'étude est de nature basique avec une texture sableuse. Toutefois, le phénomène d'érosion hydrique joue un rôle important dans la dégradation des sols des lits d'oued peuplés d'arganier et lui entraîne une déstabilisation permanente.

## 4- APPROCHE DENDROMETRIQUE

### 4.1- Densité des arbres

La densité  $N$  est définie comme le nombre total de tiges par unité de surface (Favrillon et al, 1998). La figure 19 donne les résultats de l'étude de la densité des arbres au sein de l'arganeraie de Tindouf.



**Fig. 19** – Densité de l'arganier par hectare dans les quatre placettes d'études à Tindouf

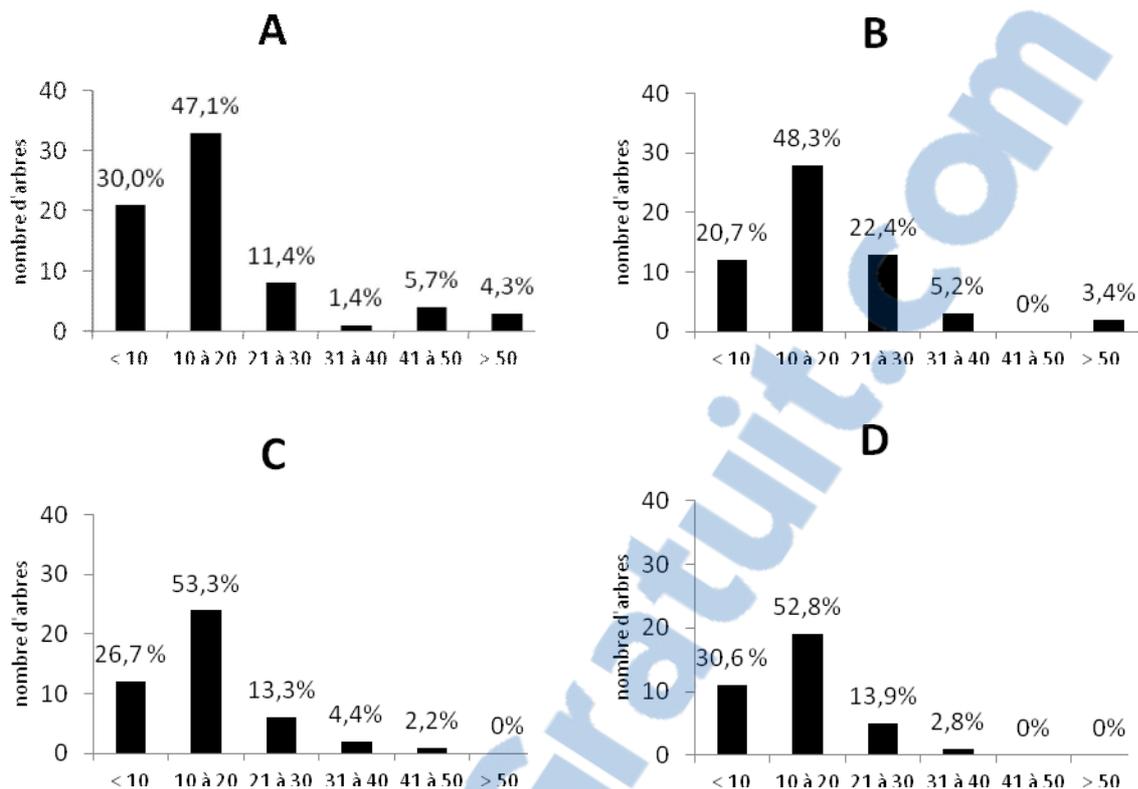
L'analyse de la figure ci-dessus indique que la densité des arbres la plus importante se trouve dans la placette de 'Oued Bouyadhine' avec 70 sujets alors que la plus faible est constatée à 'Oued Merkala' avec uniquement 36 tiges. Les autres placettes d'études : 'Oued EL-Maa' et 'Oued EL – Gahouene' renferment respectivement 58 et 45 arbres. La densité moyenne par rapport à la surface totale est de 52,25 sujets/ha.

### 4.2- Structure des peuplements

La structure d'un peuplement est la répartition des tiges dans l'espace horizontal. Elle est caractérisée le plus fréquemment par une courbe de répartition des grosseurs où l'on porte, en abscisse les catégories des dimensions de diamètre ou de circonférence et en ordonné les catégories de nombre de tiges (Boudru, 1989).

#### 4.2.1 Répartitions des arbres par classes de diamètres à 1,30 m

Les résultats de la distribution des arbres par classes de diamètre sont données sous forme des histogrammes ( **Fig. 20**).



**Fig. 20** - Distribution des arbres par classe de diamètre en cm à 1.30 m du sol : (A) placette d'oued Bouyadhine, (B) placette d'oued El-Ma, (C) placette d'oued EL-Gahouene, (D) placette d'oued Merkala.

Les résultats de la distribution des arbres par classe de diamètre montrent que les sujets ayant un diamètre variant entre 10 et 20 cm sont les plus dominants dans les quatre placettes d'étude. A cette classe appartient presque la moitié des individus, suivi en deuxième position de dominance par la classe de diamètre <10 cm. A celle-ci appartient 30,6% des individus de placette de 'oued Merkala', 30% de ceux de 'oued Bouyadhine' et 26,7% de 'oued EL-Gahouene', cependant qu'à 'oued EL-Maa', la classe de 20-31 cm est la classe qui occupe la deuxième position de dominance.

La classe de 21-30 cm est la classe qui occupe la troisième position dans la distribution des diamètres pour toutes les placettes sauf la placette de 'Oued EL-Maa' dans laquelle la classe <10 cm est celle qui occupe la troisième position de dominance.

Le reste des classes (31-40, 41-50 et >50 cm) ne représentent qu'une portion très faible, alors que le pourcentage de l'ensemble de ces classes ne dépasse pas les 12% pour les quatre placettes étudiées. Parmi celles-ci, certaines sont totalement absentes telles que le cas de la classe 41-50 cm en placette de 'oued EL-Maa', et la classe > 50 cm en placette de 'oued EL-Gahouene' et les classes 41-50 et > 50 cm en placette de 'oued Merkala'.

D'après les données récoltées et nos observations sur terrain, l'ensemble des peuplements d'arganier dans les quatre placettes d'étude est composé des sujets jeunes à faible diamètre : <10 ; 10-20 et 21-30 cm. Le pourcentage de ces sujets varie entre 88 et 97%. Le peuplement le plus jeune est celui de 'Oued Merkala' où nous n'avons constaté aucun sujet ayant un diamètre supérieur à 40 cm (fig. 20).

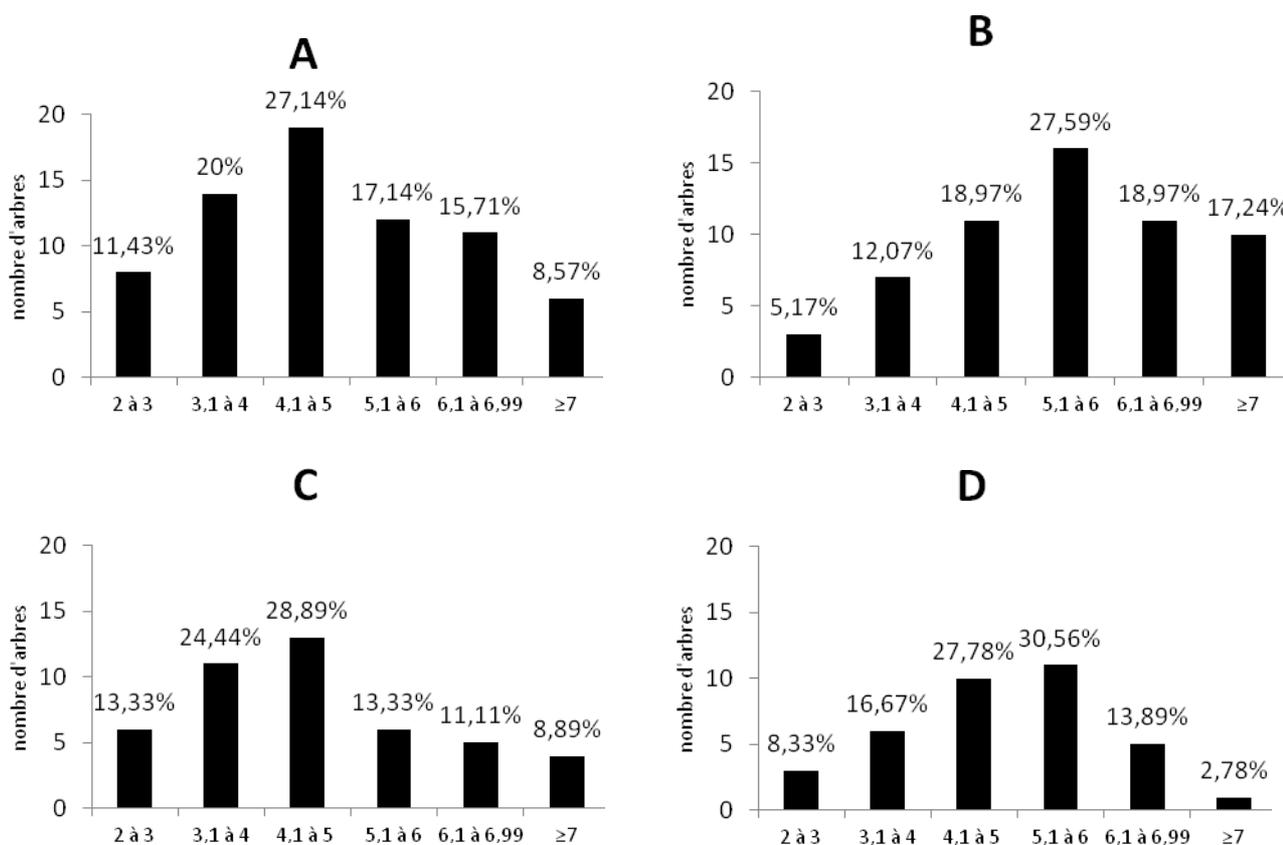
La distribution des classes de diamètre à l'intérieur des placettes est hétérogène. En effet, ces classes se présentent de la même façon au sein des quatre placettes d'étude. Le résultat du test ANOVA à un facteur (**Tab. XIX**) indique une différence non significative des pourcentages enregistrés entre les placettes d'étude. Cette faible différence est due particulièrement à l'âge des peuplements, la topographie et les coupes illicites du bois.

**Tableau XIX** - Résultats de l'analyse statistique (ANOVA à un facteur) relatifs à la répartition des arbres par classes de diamètre

ANOVA à un facteur contrôlé : O.Bouyd; O.Elma; O.Ghahn; O.Merk					
Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
Facteur	3	652	217	2,02	0,112
Erreur	205	22001	107		
Total	208	22652			

#### 4.2.2- Répartition des arbres par classes d'hauteur

Les résultats obtenus de la distribution des arbres par classes d'hauteur sont donnés sous forme des histogrammes (**Fig. 21**).



**Fig. 21-** Distribution des arbres par classes d'hauteur (en m) dans les quatre placettes d'étude : (A) Oued Bouyadhine, (B) Oued El-Ma, (C) Oued EL-Gahouene, (D) Oued Merkala

Pour la placette de 'Oued Bouyadhine', la classe d'hauteur dominante (27,14 %) est celle de 4,1 - 5 m. Cependant, la classe des arbres ayant une hauteur supérieure à 7m ne représente que 08,7% (**Fig. 21 A**).

La placette de 'Oued EL-Ma' est dominée par la classe d'hauteur de 5,1 - 6m. Le pourcentage des arbres composant cette classe est de 27,59%. Au sein de cette placette d'étude, le pourcentage des sujets dont la hauteur est supérieure à 7 m (17,24%) est presque le double que celui enregistré dans la placette précédente ('Oued Bouyadhine') (**Fig. 21 B**).

En ce qui concerne la distribution des classes d'hauteur au sein de la placette de 'Oued EL-Gahouene', elle se présente dans un ordre de dominance décroissant suivant : la classe dont la hauteur des sujets varie entre 4,1 et 5 m est la plus dominante avec 28,89 %. Elle est suivie par les classes d'hauteur de 3,1 à 4 m, 2 à 3 m et 5,1 à 6 m avec respectivement 24,44 et 13,33 % des arbres. La classe égale ou supérieure à 7 m ne représente qu'un faible pourcentage ne dépassant pas les 8,89 % des bois (**Fig. 21 C**).

La placette de Merkala elle est caractérisée par une distribution des classes d'hauteur assez hétérogène. Elle est aussi dominée par les sujets ayant une hauteur de 5,1 à 6m et 4,1 à 5 m avec respectivement 30,56 % et 27,78% des bois. Les autres classes, notamment celles ayant une hauteur de 3,1 à 4 m et 6,1 à 6,99m, ne représentent que des pourcentages faibles ne dépassant pas respectivement les 16,67 et 13,89 %. En revanche, la classe d'hauteur égale ou supérieure à 7 m renferme le pourcentage le plus faible des sujets, uniquement 02,78% (**Fig. 21 D**).

L'ensemble de ces résultats et observations constatées nous permet de déduire les remarques suivantes :

- ✓ La répartition des arbres par classes d'hauteur est hétérogène à l'intérieur des quatre placettes d'étude ;
- ✓ Le pourcentage des classes d'hauteur diffère d'une placette à une autre. Cela est dû essentiellement au problème du surpâturage (surtout des camelins). Là, où le surpâturage est intense, les jeunes sujets restent toujours nains ce qui agit négativement sur leur développement et leur croissance et donc sur la hauteur du peuplement ;

D'après Pardé et al (1987), la hauteur moyenne d'un peuplement dépend de trois facteurs essentiels : l'espèce, l'âge et la station. Dans notre cas, la hauteur moyenne par ordre décroissant est la suivante : 'Oued EL-Ma' avec 5,4 m, 'Oued Bouyadhine' et 'Oued Merkala' avec la même hauteur moyenne de 4,6 m et en dernière position vient la station de 'Oued EL-Gahouene' avec 4,4 m.

Les données du tableau XX montrent un effet hautement significatif de la station sur la distribution des classes d'hauteur.

**Tableau XX** - Résultats de l'analyse statistique (ANOVA à un facteur) relatifs à la répartition des arbres par classes d'hauteur

ANOVA à un facteur contrôlé : O.Bouyd; O.Elma; O.Ghahn; O.Merk					
Source	DL	Somme des carrés	CM	F	P
Facteur	3	2771755	92391	17,44	0,000
Erreur	276	1462063	52973		
Total	279	17392392			

Les résultats obtenus de la distribution des arbres par classes d'hauteur nous permettent de conclure et dire :

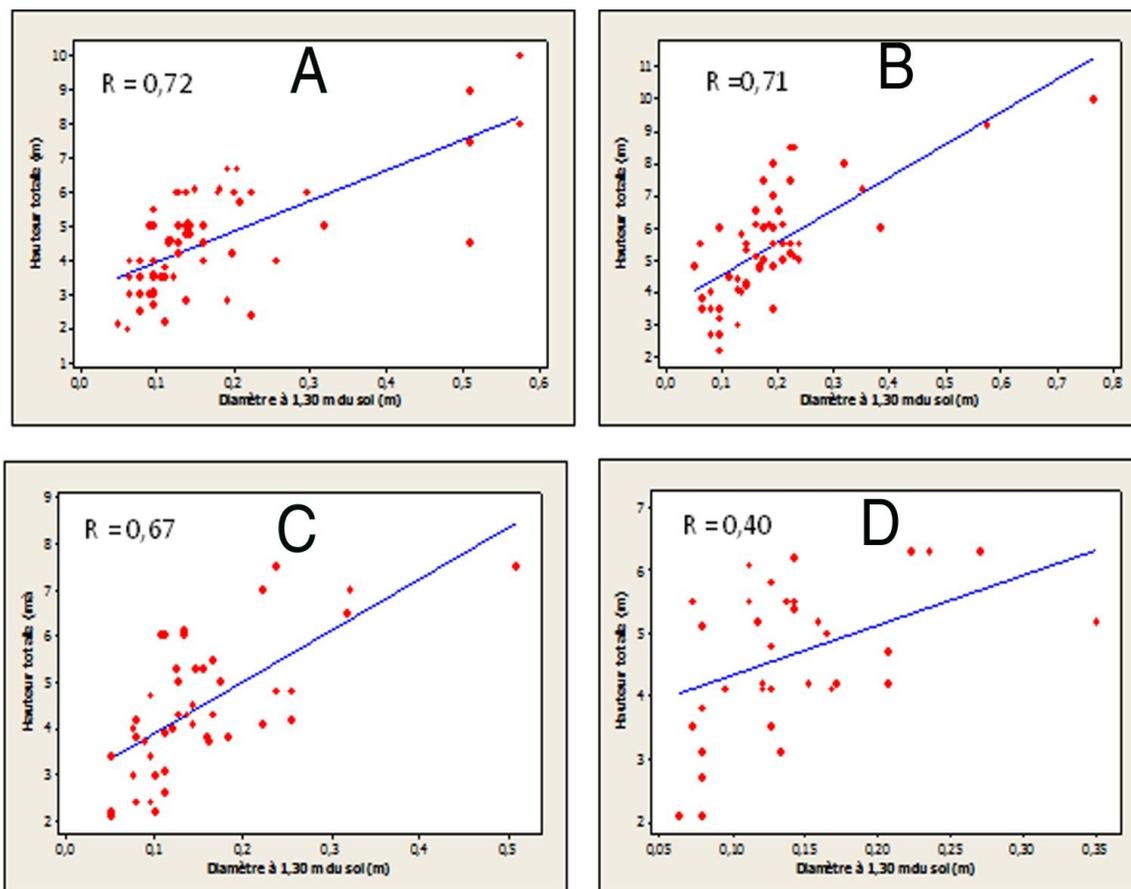
- ✓ La strate microphanérophytes, dont les arbres ont une hauteur comprise entre 2 et 7 m est la strate la plus dominante dans les quatre placettes d'étude. A cette strate appartient 82,76% des arbres de 'Oued EL-Ma', 91,11 % des bois de 'Oued El-Gahouene', 91,43 % des sujets de 'Oued Bouyadine' et 97,22 % des arbres de 'Oued Merkala'.
- ✓ La strate mésophanérophytes, dont les arbres ayant une hauteur supérieure ou égale à 7 m ne représente qu'un faible pourcentage des arbres : 17,24 % à 'Oued EL-Ma', 8,89% à 'Oued EL-Gahouene', 8,57 % à 'Oued Bouyadine' et 2,78 % des arbres à 'Oued Merkala'.

Cette physionomie des peuplements et cette variabilité de hauteur au sein des différentes stations d'étude, sont le résultat de plusieurs facteurs à la fois biotiques et abiotiques, à savoir le climat, la topographie, le surpâturage et les insectes ravageurs.

#### 4.2.3- Corrélations entre le diamètre et la hauteur des arbres

L'étude des corrélations entre le diamètre et la hauteur des arbres d'un peuplement permet de mettre en évidence des relations entre les caractéristiques dendrométrique des sujets étudiés. Elle permet aussi de connaître le comportement des arbres envers les facteurs biotiques et abiotiques du milieu.

La figure 22 montre la régression linéaire entre les diamètres et les hauteurs dans les quatre placettes d'étude.



**Fig. 22** - Courbes de corrélation entre le diamètre et la hauteur des arbres dans les quatre placettes d'étude : *oued Bouyadhine (A)*, *oued El-Ma (B)*, *oued EL-Gahouen (C)* et *oued Merkala (D)*.

D'après la valeur du coefficient de corrélation des placettes de Oued EL-Ma ( $R = 0,71$ ), Oued EL-Gahouene ( $R = 0,67$ ) et Oued Bouyadhine ( $R = 0,72$ ), la hauteur des arbres est étroitement liée au diamètre. Néanmoins, la placette de 'oued Merkala' fait l'exception ( $R = 0,40$ ) : la corrélation est faible entre la hauteur et le diamètre des sujets. Cela est dû probablement à l'âge juvénile du peuplement et le surpâturage 'camelin'.

#### 4.3- Conclusion

L'étude dendrométrique effectuée sur un échantillon de 209 sujets (*exceptés les sujets ayant une hauteur < à 2m et un diamètre < 5 cm*), a montré que l'arganeraie de Tindouf est caractérisée par une densité moyenne de 52,25 sujets/ha. La structure des populations est hétérogène à l'intérieur des placettes avec une dominance absolue des classes de diamètre des jeunes sujets. Toutefois, le pourcentage des classes de diamètres se présente presque de la même façon entre les quatre placettes d'étude. La faible différence qui existe, qui reste non significative, est due particulièrement à l'influence de certains facteurs du milieu.

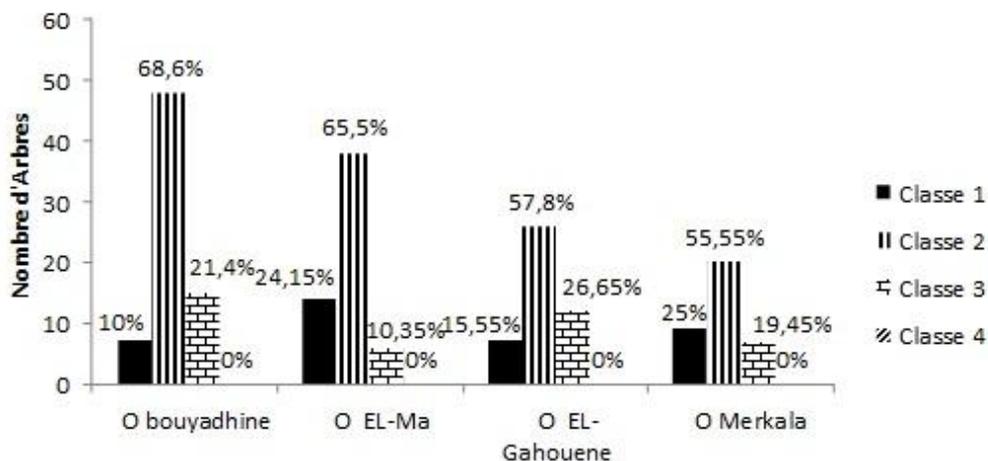
Nos observations montrent également un effet significatif de la station sur la distribution des arbres par classes d'hauteur. En effet, la strate microphanérophytes est la plus dominante de l'arganeraie. Cependant, la strate mésophanérophytes ne représente qu'une faible portion d'individus variant entre 2,78 et 17,24 %. A l'exception de la placette de 'Oued Merkala', nous avons constaté une nette corrélation entre la hauteur et le diamètre des bois. Les

résultats dendrométriques obtenus montrent également que l'arganeraie de Tindouf est un jeune taillis fureté.

## 5- CARACTERISATION SANITAIRE DE L'ARGANERAIE DE TINDOUF

### 5.1- Déficit foliaire

Les résultats de l'état sanitaire des peuplements à *Argania spinosa*, basée sur le déficit foliaire (DF) sont illustrés dans la figure 23.



**Fig. 23-** Répartition des classes de déficit foliaire (DF) des arbres d'*Argania spinosa* dans les quatre placettes d'étude.

La distribution des arbres par classes de déficit foliaire montre que :

- ✓ Les arbres sains (*classe 1*) ayant un déficit foliaire de moins de 30%, représentent une faible portion des sujets dans les quatre placettes étudiées. La répartition des individus de cette classe au sein de chaque placette d'étude est le suivant : 25% des arbres de 'Oued Merkala', 24,15 % de 'Oued EL-Ma', 15,55 % de 'Oued EL-Gahouene' et uniquement 10 % des sujets de 'Oued Bouyadhine'.
- ✓ Les arbres formant la *classe 2* ou bien les arbres affaiblis ayant un déficit foliaire oscillant entre 30 et 60% sont les plus dominants dans les quatre placettes étudiées. En effet, cette classe renferme plus de 50% des sujets de l'arganeraie de Tindouf (**figure 23**).
- ✓ Les arbres de la *classe 3* (arbres dépérissants) ayant un déficit foliaire de plus de 65 % sont moins importants comparativement à la classe précédente. Les individus de cette classe se répartissent au sein de chaque placette comme suit : 26,65 % des arbres de 'Oued EL-Gahouene', 24,4 % de 'Oued Bouyadhine', 19,45% de 'Oued Merkala' et 10,35% de 'Oued EL-Ma'.
- ✓ Nous signalons que la *classe 4* est complètement absente. Aucun arbre n'a été inventorié dans toutes les placettes d'étude. Cette situation est expliquée par la grande résistance de l'arganier aux différentes maladies parasitaires et

physiologiques. Même s'il y avait un arbre mort, il est exploité rapidement par les riverains (*nomades surtout Sahraouis qui habitent dans les oueds peuplés d'arganier*) pour satisfaire leur besoin en bois de chauffage.

## 5.2- Indice de santé ou indice de dépérissement

L'indice de santé, appelé également indice de dépérissement permet d'exprimer de façon directe l'état général du peuplement à partir de l'ensemble des arbres pris individuellement (Bouhraoua , 2003).

Afin d'évaluer l'aspect sanitaire de l'arganier dans la région de Tindouf, nous avons utilisé la méthode employée avec succès pour étudier l'état de santé chez le chêne liège (Bouhraoua, 2003 ; Dahane 2006 et Ziani, 2013). L'indice de santé (*Is*) nous a permis de noter les différentes classes de déficit foliaire dans les quatre placettes d'étude. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau XXI.

**Tableau XXI** Indice de santé de l'arganeraie de Tindouf

<i>Placettes d'étude</i>	<i>Is</i>
Oued Bouyadhine	2,11
Oued EL-MA	1,86
Oued EL-Gahouene	2,11
Oued Merkala	1,94
L'ensemble de l'arganeraie	2,01

L'analyse du tableau ci-dessus montre que l'arganier à oued EL-MA et à Merkala est en début de dépérissement. Dans ces deux stations, nous avons enregistré un indice de santé respectivement de 1,86 et 1,94. Toutefois, la placette d'étude de 'Oued EL-Gahouene' et celle de 'Oued Bouyadhine' sont en état de dépérissement assez grave. Au sein de ces placettes, l'indice de santé calculé égal à 2,11. Ces données indiquent que l'arganeraie de Tindouf est en état de dépérissement assez grave. Son indice de santé est de 2,01 (**Tableau XXI**).

L'ensemble des résultats enregistrés reflète réellement l'état de santé observé visuellement sur terrain des peuplements à *Argania spinosa*. La dégradation de l'arganeraie de Tindouf est le résultat de plusieurs facteurs d'ordre biotique et abiotique tels que.

- Dénudation des racines des arbres sous l'effet de l'érosion hydrique. En effet, la partie de la racine dénudée se dessèche et devient non fonctionnelle, ce qui influe sur son état de santé (perturbations physiologiques). Cet aspect est très fréquent dans l'arganeraie de Tindouf ;
- Concurrence entre rejets provenant de la même souche (anomalie de croissance des deux parties, aérienne et souterraine) et vieillissement de

certaines sujets qui deviennent un foyer privilégié de certains agents pathogènes ;

- Surpâturage (camelin, ovin et caprin) est un vrai problème qui fait son ravage au sein de l'arganeraie de Tindouf. Le nombre de têtes est très important c-à-d la charge de têtes est plus importante que la capacité de cet écosystème. Le surpâturage le plus dommageable est celui des mois d'octobre et de novembre qui coïncident avec la ramification de l'arganier. Les nouvelles pousses sont complètement broutées, ce qui rend la croissance très faible, voire nulle (nanisme) dans certains cas. Nous signalons que le surpâturage est très répandu dans la région de Tindouf car la majorité de la population rurale sont des nomades composés essentiellement des réfugiés sahraouis ;
- La sécheresse due à la rareté des précipitations peut engendrer un stress hydrique chez l'arganier et donc l'affaiblie physiologiquement. Dans ces cas, les sujets deviennent une proie facile aux agents parasites dits parasites secondaires ou parasites de faiblesses. Un des symptômes caractéristiques de la sécheresse, constaté communément sur les arbres d'arganier est le dessèchement et la chute des feuilles suivies d'une dessiccation des branches et des rameaux.
- Les coupes illicites du bois d'*Argania spinosa*, est un autre facteur de dégradation et agit négativement sur l'état de santé des peuplements. Il entraîne un déséquilibre entre la partie aérienne et le système racinaire des sujets, ce qui perturbe leur état physiologique ;
- Les insectes ravageurs jouent un rôle non négligeable dans l'aspect sanitaire de l'arganeraie. Parmi ces insectes nous avons observé :
  - Le criquet pèlerin (*Schistocera gregaria*) qui est un défoliateur potentiel. Le nombre moyen constaté est de quatre individus par placette ;
  - Les acariens entraînent des dommages très graves sur le feuillage de l'arganier. Le cas le plus remarquable est celui de Targanet.
- Les termites : nos observations sur terrain montrent que les termites sont l'ennemi numéro un de l'arganier de Tindouf. Le taux des sujets attaqués par ce xylophage est intéressant. Plus de 90% des individus par placette. Ses dégâts se localisent essentiellement dans le tronc en provoquant sa rupture suite à sa dégradation. Cette espèce de termite saharienne et souterraine, installe son nid sous le lit des oueds sablonneux. Il s'agit probablement de *Psammotermes hybostoma* (Bernard, 1948 et Lepage, 1972) ;
- La cochenille blanche : ses dégâts ont été constatés surtout sur les fruits de l'arganier (les parties charnues) ;

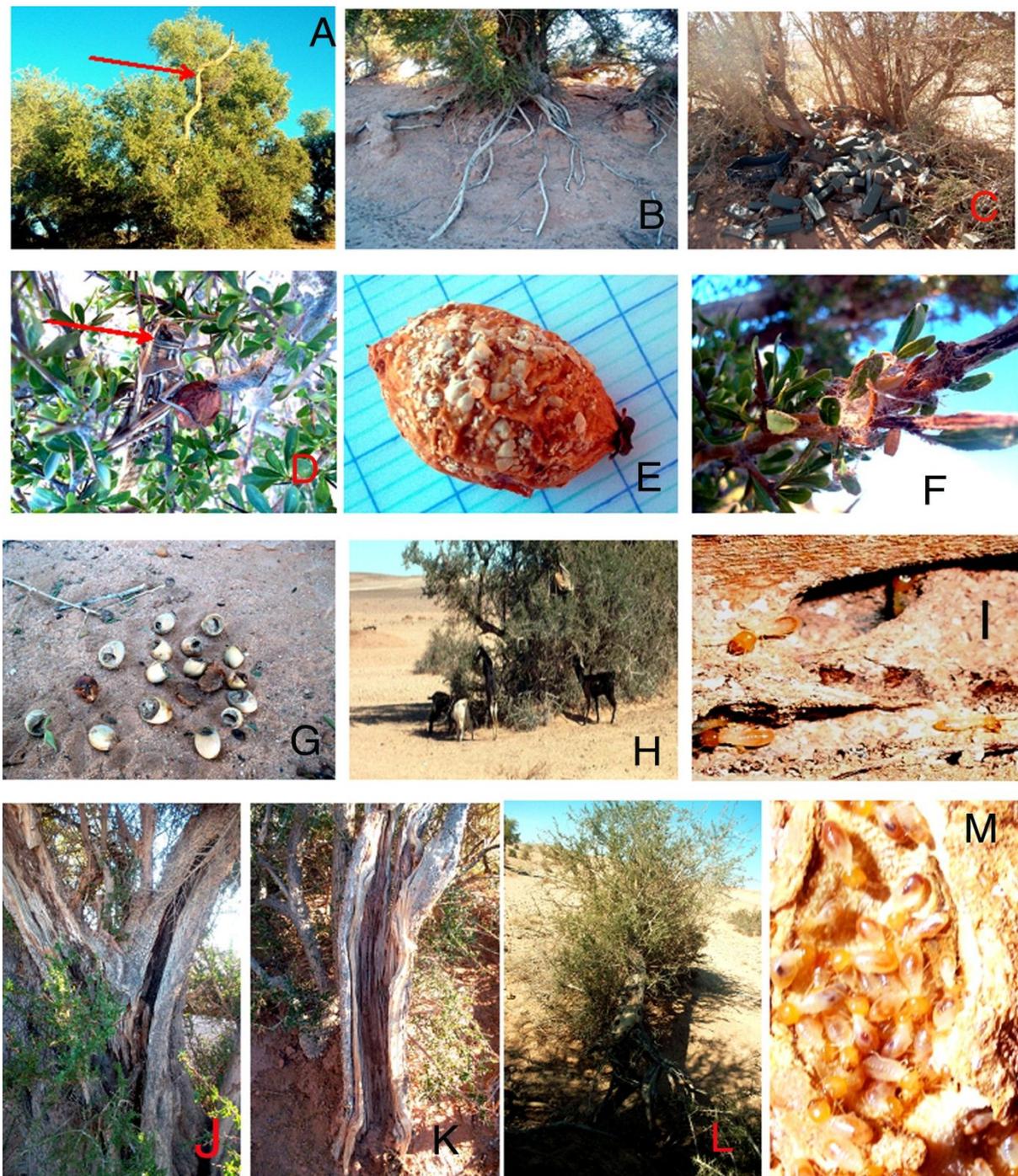
- La pollution chimique : les batteries des véhicules rejetées dans les lits des Oueds participent dans la dégradation de l'arganier de Tindouf. En effet, les métaux lourds, notamment le plomb, le cuivre et le mercure se dissolvent sous l'action des cours d'eau et sont assimilés par les racines ce qui provoquent des perturbations physiologiques de l'arbre et par la suite la mort de l'arganier.

Nous signalons aussi, l'observation de certains mammifères, notamment l'écureuil de barbarie (*Alantoxerus getulus*) et le rat du sable (*Psammomys obesus*) qui peuvent endommager les graines d'*Argania spinosa*. Nos observations montrent également que le lièvre sauvage procréé des dégâts considérables au niveau de l'arganeraie de Tindouf, surtout sur les jeunes plantules.

### 5.3- Conclusion

La caractérisation sanitaire de l'arganeraie de Tindouf a montrée que les différents peuplements sont en état critique. Un début de dépérissement a été constaté dans les quatre placettes étudiées. La dégradation de l'arganier de Tindouf est la conséquence de l'effet combiné de plusieurs facteurs d'ordre biotique et abiotique, notamment la sécheresse, la dégradation du sol, les termites et le surpâturage (**Fig. 24**).

Nos résultats ont montré également la grande résistance de l'arganier (*arbre de fer*) aux différents stress. En effet, nous n'avons constaté aucun arbre mort : la classe 4 est totalement absente. L'absence des sujets morts est fort probablement due aussi à leur exploitation rapide par les riverains, notamment les Sahraouis et ça pour satisfaire leurs besoins en bois de chauffage ce qui indique la forte pression anthropique exercée sur l'arganeraie de Tindouf.



**Fig. 24** - Les différents aspects de dégradation de l'état sanitaire d'*Argania spinosa* dans la région de Tindouf

**A-** Dessiccation d'une branche sous l'action de la sécheresse ; **B-** Dénudation des racines de l'arganier sous l'effet de l'érosion hydrique ; **C-** Batteries des véhicules rejetées dans l'Arganeraie à Merkala provoquant ainsi une pollution chimique ; **D-** Criquet pèlerin constaté sur le feuillage de l'arganier ; **E-** Fruit d'*Argania spinosa* attaqué par la cochenille blanche ; **F-** Feuillage de l'arganier attaqué par les acariens ; **G-** Dégâts du rat du sable sur les graines de l'Arganier à MERKALA ; **H-** Pâturage caprin à Oued Bouyadhine ; **I-J-** Dégâts des termites (*Psammotermes hybostoma*) sur les troncs d'Arganier (le taux de dégradation est estimé à 30%) ; **K-** Tronc d'arganier en état de dégradation avancée (60%) par les termites ; **L-** Un pied d'*Argania spinosa* abattu par le vent (station de Oued bouyadhine) ; **M-** soldats et ouvriers de termites (*Psammotermes hybostoma*) constaté dans l'arganeraie de Tindouf .

## 6- ANALYSES PHYTOPATHOLOGIQUES : ISOLEMENT ET IDENTIFICATION DES CHAMPIGNONS ASSOCIES AUX DEGATS DES TERMITES

Lors de nos sorties sur terrain, nous avons constaté un nombre important des arbres d'arganier attaqués par les termites. Les dégâts se localisent essentiellement au niveau du tronc. Selon Grégory (2007), plusieurs espèces de termites établissent des relations symbiotiques avec des champignons pour pré-digérer les végétaux et faciliter l'assimilation des nutriments issus de cette relation.

### 6.1- Isolement des souches

Afin d'examiner la présence ou non des champignons dans les parties d'arganier attaquées par les termites, nous avons procédé l'isolement des souches fongiques de différents niveaux (**Tab. XXII**). Après isolement et purification sur le milieu de culture PDA, sept souches ont été distinguées et différent les unes des autres par leur aspect (forme et couleur). La présence de ces souches est variable d'un niveau d'isolement à un autre dont le détail est donné dans le tableau ci-dessous.

**Tableau XXII** - Les différents niveaux d'isolement des souches fongiques constatées et leur code

Niveau d'isolement	Nombre des souches enregistrées	Code des souches (Figure 30 et 31)
Sol indemne de termites	5	A4, B4, C1, D4, E4.
Sol installé par les termites sur la partie attaquée	4	A4, B4, D4, E4.
Ecorce* attaquée	6	A4, B4, D4, E4., F1, G1.
Bois* attaqué	4	A4, B4, D4, E4.
Ecorce* non attaquée	0	0
Bois* non attaqué	0	0

\* Isolement effectué après désinfection superficielle des échantillons

L'analyse du tableau XXII montre que le nombre des souches le plus élevé (6 souches) a été constaté au niveau de l'écorce attaquée par les termites. Le sol indemne de termites et celui installé par ce xylophage renferment respectivement 5 et 4 souches. Cependant, les parties non attaquées (*bois et écorce*) ont été saines. Cela indique que les champignons sont transportés du sol par les termites puis cultivés sous forme de boulette du sol sur l'arganier. Les champignons grâce à leur système enzymatique puissant dégradent et digèrent le bois de l'arganier en libérant des substances nutritives à la population de termites.

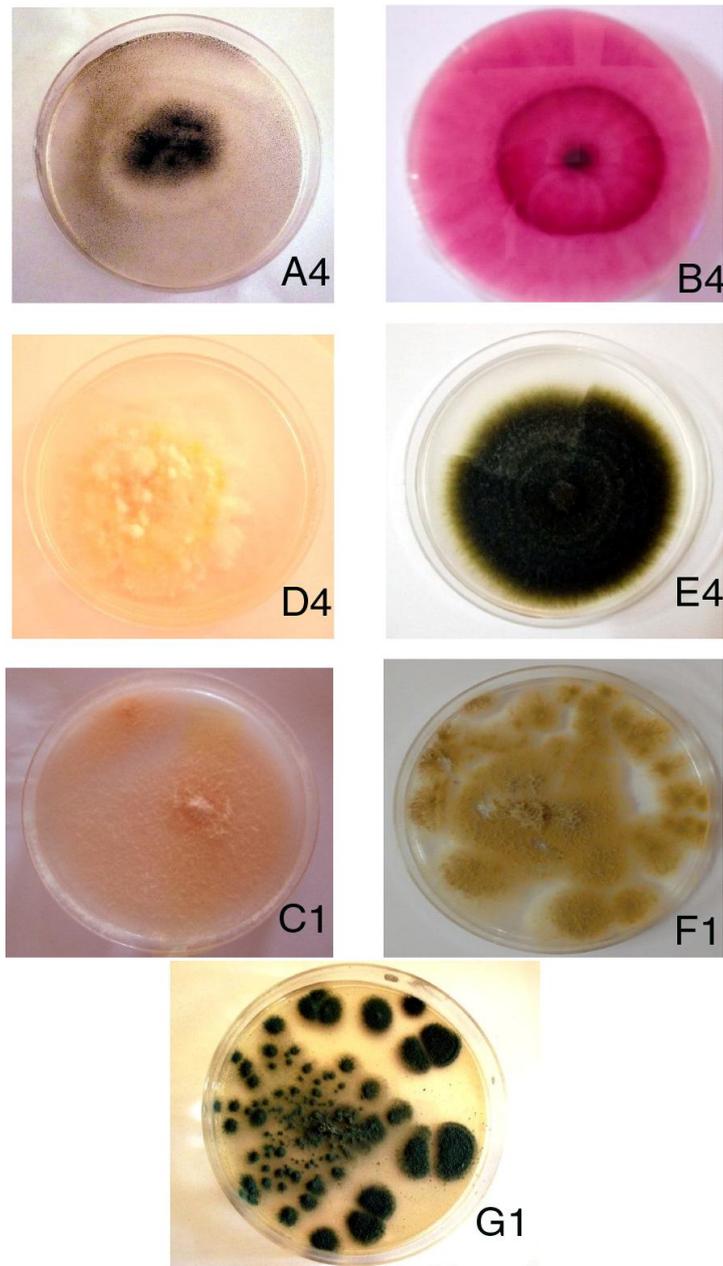
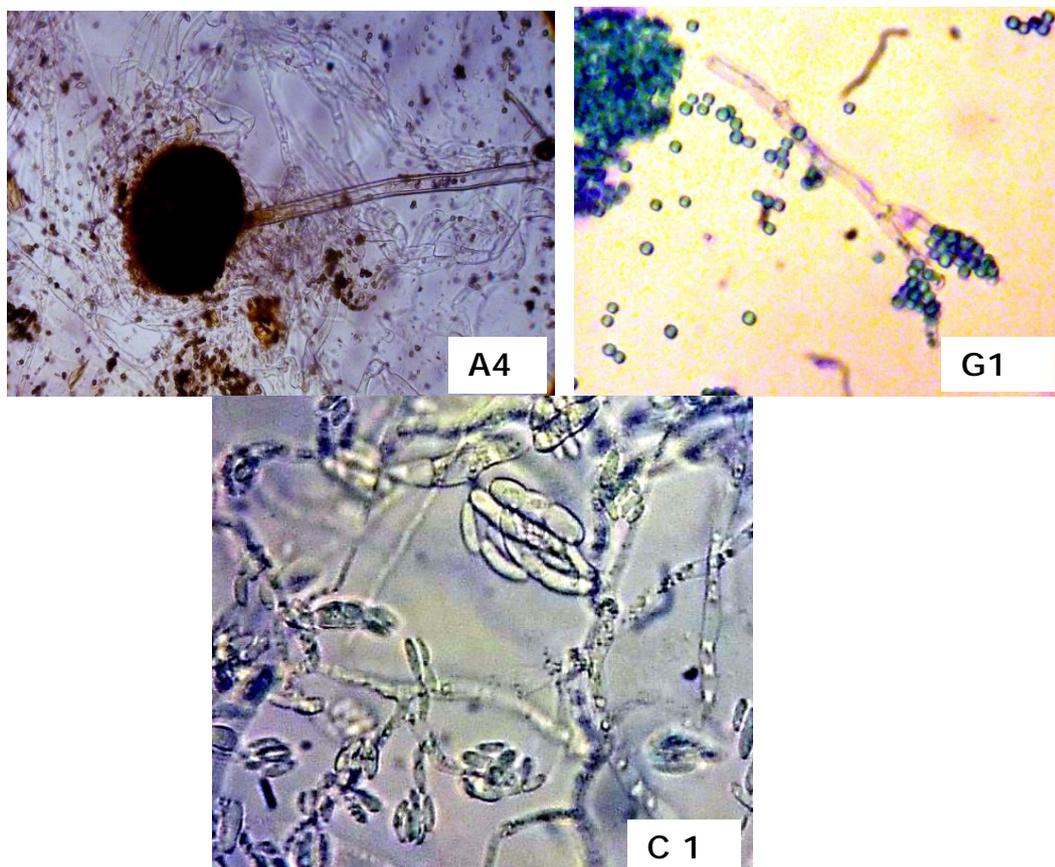


Fig. 25 - Aspect des différentes souches isolées

## 6.2- Identification des champignons isolés

L'observation microscopique à différents grossissements nous a permis l'identification de certains champignons et ça grâce à la forme et la couleur des structures de reproduction sexuées et asexuées ainsi que l'aspect du mycélium. Trois souches fongiques ont été identifiées (**Fig. 26**) : *Aspergillus niger*, *Fusarium sp* et *Pénicillium sp*.



**Fig. 26-** Les trois souches fongiques identifiées (Gr x 40) :  
**A4** – Conidiospores et mycélium d'*Aspergillus niger* ; **G1** – Conidiospores et mycéliums de *Pénicillium sp* ; **C1**- Conidiospores et mycéliums *Fusarium sp*.

## 6.3- Conclusion

L'étude phytopathologique a mis en évidence une relation entre les termites et les champignons attaquant l'arganier. Nous pensons que cette relation est de nature symbiotique. Les champignons sont transportés par les termites du sol puis cultivés sur les différentes parties de l'arbre (branches et Tronc) sous formes de boules. Ces champignons dégradent le bois en libérant des nutriments pour les termites.

Nos résultats ont montré l'importance des dommages constatés et soulignent la nécessité de prendre en considération le problème des champignons associés aux dégâts des termites dans les programmes de préservation de l'Arganeraie de Tindouf.

# **CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES D'AVENIR**

## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES D'AVENIR

La durabilité d'un écosystème forestier dépend étroitement de sa santé. L'arganeraie de Tindouf comme écosystème saharien situé à l'extrême Sud-Ouest Algérien exige une préservation particulière afin de protéger sa biodiversité riche en espèces animales et végétales surtout celles qui sont rares et en voie d'extinction. Notre étude nous a permis de mettre en évidence l'état sanitaire des principaux peuplements d'arganier de la région de Tindouf. Les résultats enregistrés les plus intéressants sont résumés dans les points suivants :

- L'arganeraie de Tindouf se situe dans un étage bioclimatique de type saharien à hiver tempéré. Il est caractérisé par une période sèche qui s'étale sur toute l'année. Selon l'indice d'aridité de Demartone, la région de Tindouf est hyperaride. Ses ressources hydriques principales sont essentiellement des eaux souterraines.

- La texture des sols étudiés dans l'arganeraie de Tindouf est de type sableux. Toutefois, ce sont des sols à faible degré de salinité, d'une conductivité très basse. Le pH de ces sols est très basique.

- Du point de vue floristique, l'arganeraie étudiée abrite une flore assez diversifiée comptant 15 espèces appartenant à 13 familles différentes. Le taux de recouvrement faible, il est dominé par la strate arbustive. La composition floristique des stations étudiées reflète des conditions bioclimatiques sahariennes et le tapis végétal est composé par des espèces parfaitement adaptées aux milieux secs (espèces xérophiles).

- L'étude dendrométrique a révélée une nette dominance des sujets jeunes à faible diamètre dans les différentes stations d'étude. Toutefois, la distribution des arbres par classes d'hauteur est assez hétérogène. Cela est dû surtout au surpâturage qui a affecté significativement ce paramètre dendrométrique. Nous signalons que la quasi-totalité des individus appartient à la strate microphanérophyte dont la hauteur est en générale inférieure à 7 m. Les données dendrométriques obtenues a permis de qualifier l'arganeraie de Tindouf comme jeune taillis fureté.

- La caractérisation sanitaire des peuplements d'arganier étudiés a montré un état de dépérissement assez grave. L'indice de santé calculé a parfaitement traduit l'état sanitaire des peuplements observé visuellement sur-terrain. Cette situation critique est le résultat de l'effet conjugué de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, à savoir la sécheresse, la pollution chimique, la dégradation des sols, le surpâturage, les insectes ravageurs, et les problèmes sylvicoles (concurrence entre les rejets de souche ce qui provoque un dépérissement partiel., et vieillissement des arbres). Toutefois, les dégâts engendrés par le surpâturage et les termites sont les plus graves. En effet, plus de 90 % des sujets inventoriés dans les différentes stations d'étude ont été attaqués par les termites. Ce xylophage d'isoptères, probablement *Psammotermes hybostoma*, attaque préférentiellement les troncs des arbres en provoquant leurs ruptures.

L'étude a révélé encore que les différentes parties de l'arbre attaquées par les termites sont infectées par divers champignons phytopathogènes. Ces termites champignonnistes, qui ont la particularité d'établir une symbiose (de type ectosymbiose) transportent les champignons vers les différentes parties du bois afin de le dégrader. Les champignons grâce à leur système enzymatique (synthèse des enzymes) dégradent l'écorce et le bois en libérant des substances et des éléments nutritifs qui servent à nourrir la population des termites.

L'ensemble des résultats obtenus montre que l'arganeraie de Tindouf est en état de dégradation assez avancé. Afin de la réhabiliter et d'assurer une bonne gestion de son écosystème dans un contexte de développement durable, nous préconisons aux gestionnaires les recommandations suivantes :

- ✓ La mise en défense de l'arganeraie de Tindouf contre toute forme de coupes illicites du bois, et de pâturage que ce soit camelin, caprin ou ovin ;
- ✓ Le développement d'une filière de culture fourragère hors le secteur d'arganier : région sud-est de Tindouf, où elle existe déjà une nappe phréatique non exploitée et ça pour répondre aux besoins de cheptel de la région ;

- ✓ Interdire toute installation de forages d'eau dans le secteur d'arganier et même les secteurs avoisinant et ça dans le but de garder le niveau piézométrique de la nappe phréatique qui alimente l'arganeraie ;
- ✓ Etablir un programme de lutte contre les principaux agents responsables de la dégradation de l'arganier à Tindouf, notamment la lutte contre :
  - les insectes ravageurs, particulièrement les termites, le criquet et les acariens ;
  - Les champignons associés aux dégâts des termites ;
  - Les rongeurs et les lièvres.
- ✓ L'installation des ouvrages antiérosifs tels que le gabionnage pour stopper le phénomène d'érosion hydrique qui règne dans les oueds occupés par l'arganier ;
- ✓ Amélioration de techniques de multiplication, d'élevage et de plantation de l'arganier tout en sélectionnant les meilleurs génotypes résistants aux maladies, insectes ravageurs et aux différents stress abiotiques.

Cette étude est une contribution à la caractérisation et l'évaluation de l'état sanitaire de l'arganier à Tindouf. Elle mérite d'être poursuivie par d'autres études complémentaires plus approfondies portant sur :

- La bio-écologie des termites : déterminer les caractéristiques biologiques et les exigences écologiques des termites. Cette étude permettrait de choisir une méthode de lutte efficace contre ces xylophages d'isoptères ;
- L'identification des champignons associés aux attaques des termites, détermination de leur pouvoir pathogène ainsi que leur mécanisme de dégradation de l'écorce et du bois d'arganier. Ces recherches aboutissaient à une meilleure lutte contre ces champignons phytopathogènes.

# Références bibliographiques

### Références bibliographiques

**Ait Hammouda T .,** 2011. Évaluation de la diversité écologique des écosystèmes à Arganier dans la région de Tindouf. Mémoire de Magister, Université des Sciences et de la Technologie Haouari Boumediene ., Alger 65p.

**Aka koutoua M.,** 2006 . Analyse Ecologique, Phytosociologique et évaluation des bilans des plantations à arganier (*Argania spinosa*) en vue de la régénération et de la réhabilitation de ses écosystèmes naturels (Région d'Agadir, Taroudant et Tiznit, DREF/SO, Maroc). Mémoire de 3ème cycle, ENFI. Salé, Maroc, 113p + Annexes.

**Alexandre S.,** 1985. La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes, techniques agricoles et productions méditerranéennes; G.P. Maisonneuve & Larose., 135p.

**Aubert G.,** 1978. Méthodes d'analyses des sols. Centre Régional de Documentation Pédologique, Marseille, 191p.

**Bagnouls F et Gaussen H.,** 1953. Saison sèche et indice xérothermique. Doc. *Cartes Product. Végét.* Série Généralités **3(1)** : 1-47.

**Bamouh A .,** 2009. Le marché de l'huile d'argan et son impact sur les ménages et la forêt dans la région d'Essaouira. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, 95 : 4p.

**Barnett H-L., Hunter B.,** 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Third edition, Burgess publishing company, 241p.

**Baumer M ., Zeraïa L .,** 1999. La plus continentale des stations de l'arganier en Afrique du Nord. *rev. for. fr.* 3 : 446 - 452.

**Belghazi B ., Ourous O ., Ponette Q ., Belghazi T ., Dallahi Y .,** 2011. La problématique de la régénération de l'arganier : Quelle innovation en matière de production des plants de qualité ? Congrès International sur l'Arganier, 15-17 Décembre, Agadir – Maroc

**Bellefontaine R., Bouzoubâa Z., Mathez J.,** 2011. Le fruit de l'arganier. Est-il une drupe ou une baie. Congrès International sur l'Arganier, Agadir 15-17 Décembre, synthèse des projets de communication, Pp 21.

**Benchekroun F., Buttoud G.,** 1989. L'arganeraie dans l'économie rurale du sud-ouest marocain. *Forêt méditerranéen* t. XI, n ° 2 : 127-136.

**Benhammou B .,** 2007. L'arganier un levier du développement durable du milieu rural marocain. Colloque international, 27 et 28 Avril 2007, Synthèse de communications, 15-19.

**Benkheira A.,** 2009. L'arganeraie algérienne. Bulletin d'information, conservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles, publication du projet ALG/ G35 15p.

- Benzayane M .,** 1989. Estimation de la biomasse et étude de la croissance de l'Arganier (*Argania spinosa*) dans le plateau de Haha. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle Agronomie, option eaux et forêts, institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 115p.
- Bernard F.,** 1948. Les insectes sociaux du Fazzan : comportement et biogéographie. Institut de recherche saharienne d'université d'Alger, 87-194.
- Bioret F.,** 1995. Typologie et cartographie des milieux en tant qu'outil de suivi et d'aide à la gestion des réserves naturelles et des réserves naturelles volontaires. Colloque international sur la cartographie pour la gestion des espaces naturels, Saint-Etienne (France) novembre 1995, 13-17.
- B.N.E.D.R.,** 2002. Etude de la préservation et de la valorisation de l'espèce cameline au niveau de la Wilaya de Tindouf. Phase 02. Analyse de la situation actuelle de l'élevage camelin, D.S.A. Rapport provisoire, 40 - 78.
- Boudru M .,** 1989. Forêt et sylviculture, traitement des forêts. Les presses agronomiques de Gembloux, vol.2 : 15-45.
- Boudy P.,** 1950. Economie forestière nord-africaine (monographies et traitements des essences forestières), Tome II (1), Larousse, 382 - 416.
- Boudy P.,** 1952. Guide forestier en Afrique de Nord. Edition Maison Rustique, Paris, 487p.
- Bouhraoua R.T,** 2003. Situation sanitaire de quelques forêts de chêne-liège de l'ouest d'Algérie : étude particulière des problèmes posés par les insectes. Thèse de doctorat, département de foresterie, université de Tlemcen, 259p.
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec .,** 2003. Méthode d'analyse : détermination du pH à l'eau dans les sols agricoles, 8p.
- Clément M ., Françoise P .,**1998 . Analyse physique des sols. Ed. Lavoisier, techniques et documentation, 191p.
- Dahane B .,** 2006. Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelque subéraies oranaises. Mémoire de magister, département de foresterie, université de Tlemcen, 121p.
- Département de la santé des forêts .,** 2010 . République française, ministère de l'alimentation, de l'agriculture et de la pêche, note de service DGAL/SDQPV/n2010-8119, 11p.
- DGF .,** (en cours). Diagnostic écologique de l'arganeraie de Tindouf et proposition de classement en aire protégée, diagnostic écologique, phase II, 103p.
- DGF .,** (en cours). Diagnostic écologique de l'arganeraie de Tindouf et proposition de classement en aire protégée, diagnostic écologique, phase III, 45p.

**El khatri S.**, 2003. Manuel du cours de climatologie. École Hassania des travaux publics, 2-25.

**Emberger, L.**, 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Géol. Bot. Zool. Fac. Sci. Montpellier* 7 : 1-47.

**Errouati A.**, 2005. Problématique de la régénération assistée et des reboisements à base d'*Argania spinosa* dans la région du massif forestier d'Amsitten (Province d'Essaouira). Mémoire de 3<sup>ème</sup> Cycle, ENFI, Salé, Maroc, 42 p +Annexes.

**Favrichon V., Gourlet-Fleury S., Bar-Hen A et Dessard H .**, 1998. Parcelles permanentes de recherche en forêt dense tropicale humide, CIRAD-Forêt, 67p.

**Gagnon S .**, 1996. Des méthodes faciles pour mesurer le pH et la conductivité électrique. Plant-Prod Québec, 20p.

**Gounot M .**, 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et cie, Paris, 63-74.

**Grégory F .**, 2007. La complexité de la relation termite/champignon pourrait freiner la stratégie de lutte contre ce ravageur, *actualité scientifique*, Institut de recherche pour le développement, France, 2p.

**Imessaoudene N .**, 2012 . Utilisation de la télédétection pour la cartographie géologique du Massif des Eglabs et de sa bordure sédimentaire (Sud-Ouest Algérien). Exemple de la feuille de Mokrid. Mémoire de Master, université de Farhat Abas Sétif, 60p.

**INRAA.**, 2002. Méthodes d'analyses des sols. Laboratoire de science du sol, INRAA, document interne, 112p.

**Jean-Michel N.**, 2006. Méthodes d'études de la végétation. Première partie, Institut de Botanique, Faculté des Sciences de la Vie, Université Louis Pasteur, 57p.

**Joliveau T.**, 1995. Gestion environnementale et information sur le milieu naturel dans les parcs naturels régionaux français. Rencontre internationale sur la cartographie pour la gestion des espaces naturels, 13-17 novembre 1995 Saint-Etienne (France), 41-49.

**Kechairi R .**, 2009. Contribution à l'étude écologique de l'Arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels, dans la région de Tindouf (Algérie). Mémoire de magister , université des sciences et de la technologie «houari boumediene » , 76p.

**Kechairi R., et Lakhdari I.**, 2002. Contribution à l'étude de l'arganier *Argania spinosa* (L.) Skeels. Essais de multiplication par semis au laboratoire Mascara. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie, Option écologie végétale, centre universitaire de Mascara, 67p.

**Kenny L.**, 2007. Atlas de l'arganier. Institut agronomique et vétérinaire Hassan, II, 41 -49.

**Lamour L .**, 2007. Etat des lieux et propositions d'améliorations du bassin légumier d'Auxonne, chambre d'agriculture, cote d'or, 74p.

**Lecomte H .**, 2008 . Dendrométrie. Préparation à l'accession au grade gradué en sylviculture, ministre de la région Wallonne, secrétariat générale, direction de la formation, 41p.

**Lepage M.**, 1972. Recherche écologique sur une savane sahélienne du Ferlo septentrionale Sénégal : données préliminaires sur l'écologie des termites. Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, ORSTOM, 383-409.

**Mangin G.**, 1990. La culture *in vitro* de l'arganier. Unité pré développement in vitro, I.N.R.A.

**M'hirit O.** 1989. L'arganier une espèce fruitière forestière à usage multiple. Station de recherches forestière, Agadir, 13-17 mars 1989, 31-57.

**M'hirit O ., Benzyane M ., Benchekroune F ., El yousfi S ., et Bendaanoun M ;** 1998 . L'arganier une espèce fruitière forestière à usage multiples, Pierre Mardaga Edit., Belgique, 11 - 54.

**Miloudi A.**, 2006. Les réponses physiologiques et biochimiques de l'arganier (*Argania Spinosa* (L.)Skeels) aux facteurs abiotiques naturels. Thèse de Doctorat, Institut de Biologie, Université d'Oran (Es – Sénia), 100p.

**Mokhtari M.**, 2002. Production rapide de plants d'arganier Aptés à la transplantation., Laboratoire d'écophysiologie végétale, Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Agadir. Bull. d'information et de liaison du PNTTA, n° 95. 4p.

**Moisselin J., Schneider M., Canellas C., Mestre O.**, 2002. Les changements climatiques en France au XXe siècle., Étude des longues séries homogénéisées de données de température et de précipitations., *La Météorologie* (38) : 45- 56.

**MSPRH**, 2013. Ministère de la santé, la population et la réforme hospitalière site <http://www.sante.gov.dz/>.

**Nouaim R., Chaussod R.**, 1994 - Mycorrhizal dependency of two clones of micropropagated Argan tree (*Argania spinosa*) Growth and biomass production, *Agroforestry Systems*, (27): 53-65.

**Ozenda P .**, 1977. Flore du Sahara. CNRS :centre national de la recherche scientifique, 2<sup>ème</sup> édition, Paris 12-16.

**Pardé J., Bouchon J.**, 1987. Dendrométrie. ENGREF : école nationale du génie rurale, des eaux et des forêts, 2<sup>e</sup> édition, 95-144.

**Radi N .,** 2003. L'Arganier arbre du sud-ouest marocaine, en péril à protéger. Thèse de Doctorat en pharmacie, université de Nantes, faculté de pharmacie, 55p.

**Sauvage.,** 1963. Le coefficient pluviothermique d'Emberger : son utilisation et la représentation graphique de ses variations au Maroc. *Ann. Sér. Phys. Du Globe et de la Météo.*, Inst. Sc. Chérifien 20 : 11-23.

**Sylvain G.,** 1996. Dendrométrie des peuplements. BTSA Gestion Forestière, 64p

**Tomasini J .,** 2002. Introduction aux différentes techniques d'inventaires forestiers, 4p.

**UNESCO .,** 2006. Ressources en eau et gestion des aquifères transfrontaliers de l'Afrique et de Sahel. Analyse monographique, système aquifère de bassin de Tindouf, 109-115.

**Ziani C .,** 2013. Caractérisation sanitaire et sylvicole d'un jeune peuplement artificiel de chêne liège en vue d'une utilisation durable de son liège : cas de la forêt de M'sila. Mémoire de magistère en foresterie, Université de Tlemcen, 116p.

[www.tutiempo.com](http://www.tutiempo.com)

## Résumé

Il est intéressant d'établir puis de comparer l'état sanitaire de différents peuplements constituants l'arganeraie de Tindouf. En effet, la mise en place d'un système de suivi sanitaire permet, d'une part, de connaître l'état de vitalité actuel des peuplements, et d'autre part, en cas de dépérissement, il permet de donner rapidement l'alerte, de localiser les dégâts et de mettre en place une gestion proactive. Pour cela, différents peuplements d'arganier ont été caractérisés. Ensuite, l'état de santé de ces peuplements a été étudié.

L'étude pédologique a montré que le sol de différentes placettes d'étude est de type sableux avec un pH élevé et un faible taux de salinité. L'analyse du cortège floristique a permis de constater 15 espèces appartenant à 13 familles. Ces espèces sont dans l'ensemble des xérophiles bien adaptées aux conditions sahariennes.

La caractérisation dendrométrique de l'arganeraie de Tindouf a révélée une nette dominance des sujets jeunes à faible diamètre, sachant que la distribution des arbres par classes de diamètre est presque la même dans les quatre placettes d'étude. En revanche, la distribution des arbres par classe d'hauteur est assez hétérogène : la quasi-totalité des sujets ont une hauteur inférieure à 7 m. Ces données dendrométriques ont permis de qualifier l'arganeraie de Tindouf comme jeune taillis fureté.

La caractérisation sanitaire des peuplements d'*Argania spinosa* a montré un état de dépérissement assez grave. L'indice de santé calculé a parfaitement traduit l'état sanitaire des peuplements observés visuellement sur terrain. Cette situation critique est le résultat de l'effet conjugué de plusieurs facteurs biotiques et abiotiques, à savoir la sécheresse, la pollution chimique, la dégradation des sols, le surpâturage, les coupes illicites du bois et les insectes ravageurs, notamment les termites, les acariens et les criquets.

**Mots clés :** Tindouf, *Argania spinosa*, caractérisation, état de santé, indice de santé, facteurs biotiques et abiotiques, dépérissement.

## المخلص

من المهم معرفة الحالة الصحية للأجزاء الحراجية الأساسية لغابة الأركان بمنطقة تيندوف، ثم المقارنة فيما بينها. لهذا فإن وضع نظام للمتابعة الصحية يسمح بمعرفة الحالة الصحية الحالية هذا من جهة، ومن جهة أخرى يسمح أيضاً في الحالات الصحية الخطيرة بتحديد مواقع الخسائر بالإضافة إلى التدخل العاجل. لأجل هذا الغرض وفي إطار إنجاز هذه المذكرة قمنا بدراسة الخصائص والحالة الصحية للأجزاء الحراجية الأساسية لغابة الأركان بمنطقة تيندوف. إن دراسة التربة في مختلف المناطق المعنية بالبحث أظهرت أن نوعية هذه التربة هي رملية و أنها ذات ملوحة و حموضة ضعيفتين. كما أن دراسة التركيب النباتية المرافقة للأركان مكنت من احصاء 15 نوع، تنتمي إلى 13 عائلة نباتية مختلفة، علماً أن هذه الأنواع تتميز بمقاومتها العالية للجفاف بالإضافة إلى تكيفها العالي مع المناخ الصحراوي. أظهرت دراسة القياس الشجري أن غالبية الأفراد المكونة لغابة الأركان بتيندوف هي أفراد فتية تتميز جذوعها بقطر ضعيف غير أن توزعها عبر المساحات الأربعة المختارة للدراسة كان متجانساً وذلك من ناحية الفئات القطرية. أما بالنسبة لطول الأشجار فالدراسة بينت أن الغالبية الساحقة للأفراد تنتمي للفئة الأقل من 7 أمتار، بالإضافة إلى أن توزعها من ناحية الفئات الطولية ليس متجانساً عبر المساحة الأربعة المخصصة للدراسة، هذه المعطيات الأربعة الذكر مكنت من تصنيف غابة الأركان على أنها إيكه فتية تتخللها فراغات.

الدراسة الصحية للوحدات الحراجية الأساسية لـ الب المحسوب قد عبر بصفة جيدة على ما هو ملاحظ ميدانياً، إن هذه الحالة الحراجية *Argania spinosa* بيولوجية وفيزيائية مختلفة كالجفاف، التلوث الكيميائي، تدهور التربة، الرعي الجائر، القطع الغير الشرعي للخشب بالإضافة إلى الحشرات الضارة خاصة الأرضة على غرار العنكب و الجراد المهاجر.

**الكلمات المفتاحية :** تيندوف، *Argania spinosa* حالة صحية، معامل الصحة، عوامل بيولوجية وفيزيائية، الأضمحل.

## Abstract

It is interesting to establish and compare the health status of different components of the forest argan stands of Tindouf. Indeed, the installation of a health monitoring system allows, on the one hand, to know the current state of vitality of the stands, and on the other hand, in case of decline, it can quickly give the alert, locate the damage and implement a proactive management. That is why different stands argan were characterized and the health of these populations was studied.

The soil study has shown that the soil of different plots is sandy type with a high pH and low salinity rate. Floristic cortège analysis gave 15 species belonging to 13 families. These species are generally well adapted to drought and resist to Saharan conditions.

Dendrometric characterization of Tindouf forest argan revealed a clear dominance of young small diameter subjects, knowing the distribution of trees by diameter class is almost the same in the four study plots. In contrast, the distribution of trees by height class is quite heterogeneous and almost all subjects have a height between 2 and 7 m. These data dendrometric allowed to characterize the forest argan of Tindouf as young coppice.

Health characterization stands of *Argania spinosa* showed a state of fairly serious decline. The health index which was calculated has reflected perfectly the health status of populations visually observed in the field. This critical situation is the result of the combined effect of several biotic and abiotic factors, including drought, chemical pollution, land degradation, overgrazing, illegal logging and timber pests especially termites, mites and grasshoppers.

**Keywords :** Tindouf, *Argania spinosa*, characterization, health status, health index, biotic and abiotic factors, decline