

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**UNIVERSITE ABOUBAKR BELKAÏD - TLEMCEN**  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie des Sciences de la Terre et de l'Univers  
**Département d'Ecologie et Environnement**  
Laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels



## **THÈSE**

Présentée par

**Mr AOUADJ Sid Ahmed**

En vue de l'obtention du

**Diplôme de Doctorat LMD**

En Ecologie et Environnement

**THÈME :**

**Impact des techniques de restauration écologique sur la  
dynamique des écosystèmes dégradés des monts de Saida :  
Cas des forêts de Doui Thabet – (Ouest Algérie)**

Soutenue publiquement devant le jury composé de :

Présidente :	<b>MEZIANE HASSIBA</b>	Professeur	<b>Université de TLEMCEN</b>
Directeur de Thèse	<b>HASNAOUI OKKACHA</b>	Professeur	<b>Université de SAIDA</b>
CO- Directeur	<b>NASRALLAH YAHIA</b>	M.C.A	<b>Université de SAIDA</b>
Examineurs :	<b>MERZOUK ABDESSAMED</b>	Professeur	<b>Université de TLEMCEN</b>
	<b>HASSANI FAÏÇAL</b>	Professeur	<b>Université de TLEMCEN</b>
	<b>BENARADJ ABDELKARIM</b>	M.C.A	<b>C. Universitaire de NAAMA</b>

**Année universitaire 2020/2021**

## Remerciements

Au terme de ce travail il m'est très agréable de remercier :

-Mr Hasnaoui Okkacha ; Professeur à l'université Dr Tahar Moulay de Saida qui m'a fait l'honneur d'accepter la direction de cette thèse, sa compétence, sa bienveillance, ses conseils, ses orientations ont été pour moi un solide appui et un réconfort à tout moment.

-Mr Nasrallah Yahia ; Maître de conférence à l'université Dr Tahar Moulay de Saida qui m'a fait l'honneur d'accepter la co-direction de cette thèse, sa compétence, sa bienveillance, ses conseils, ses orientations ont été pour moi un solide appui et un réconfort à tout moment.

-Mme Stambouli née Meziane Hassiba ; Professeur et responsable de la formation doctorale (LMD) d'Ecologie et environnement à l'université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen pour avoir accepté de présider le jury, qu'il trouve ici toute ma sympathie.

-Mr Merzouk Abdessamed ; Professeur et directeur de laboratoire de recherche d'Ecologie et gestion des écosystème naturels (LEGEN 13) à l'université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

-M. Hassani Faïçal ; Professeur et chef de département d'Ecologie et environnement à l'université de Tlemcen qui a bien voulu accepter de juger ce travail. Son soutien dans l'identification des espèces m'a été d'un grand intérêt. Mes remerciements les plus vives lui sont adressés.

-Mr Benaradj Abdelkrim ; Maître de conférence au centre universitaire de Naâma qui a bien voulu accepter de juger ce travail, qu'il trouve ici, l'expression de mon profond respect.

Je remercie également :

-Mr Khatir Hadj ; Docteur en science biologique (Montréal, Canada) pour sa contribution dans les articles, et pour ses encouragements, ses documentations et pour son soutien constant.

-Mr Ibn Tattou Mohamed ; Professeur à l'université de Rabat (Maroc) pour nous avoir donné des conseils dans l'identification des taxons et pour son encouragement.

-Mr Fennane Mohamed ; Professeur à l'université de Rabat (Maroc), pour ses encouragements et son aide précieuse.

-Mr El Zerray Wael ; Docteur à l'université de Sidi Bel Abbes pour les conseils pratiques tout le long de cette investigation.

-Mr Kheloufi Benabdeli ; Professeur à l'université de Mascara, pour les différents conseils qui m'a donné et pour son aide.

- Mr Fabio Liberto, Professeur à l'université de Cefalù, Italy ; pour les recommandations.

-Mr Dimcho Zahatiev, Professeur à l'université de Konstantin Preslavsky University, Shumen, Bulgaria pour les recommandations précieuses qu'il m'a donné.

-Pr Medjahdi Boumedienne et Dr Babali Brahim de l'université de Tlemcen, pour leurs assistanats dans l'identification des taxons et aussi pour leurs encouragements.

-Mes enseignants -tous- : (à l'université de Saida et de Tlemcen).

- Pr Azzi Rachid Vice Doyen Chargé de la Post-graduation et de la recherche à l'université de Tlemcen.

- Dr Benguedda Wacila, adjoint au chef de département (d'Ecologie et environnement) chargé de la poste-graduation à l'université de Tlemcen.

- Je remercie tous le personnel administratif et technique de la conservation des forêts de Saida.

-Mr Sehibi AEK président de l'association Affak El mohit de Saida pour le soutien logistique.

## **Dédicaces**

Mes grands remerciements sont pour notre Dieu qui m'a aidé et m'a donné le pouvoir, la patience et la volonté pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail :

- À toute ma famille
- À tous mes amis et collègues ;
- A mes étudiants.

**AOUADJ Sid Ahmed.**

## Liste des tableaux

		Pages
<b>Tableau 1 :</b>	La superficie des territoires circumméditerranéen.....	6
<b>Tableau 2 :</b>	Les classifications de référence.....	7
<b>Tableau 3 :</b>	Les étages de végétation de la région méditerranéenne.....	14
<b>Tableau 4 :</b>	Correspondance des principaux étages de végétation et des étages bioclimatiques....	14
<b>Tableau 5 :</b>	Les niveaux de dégradation.....	18
<b>Tableau 6 :</b>	Répartition générale des terres en Algérie Septentrionale.....	22
<b>Tableau 7 :</b>	Données climatiques de la région de Saida.....	29
<b>Tableau 8 :</b>	Amplitude thermique et type du climat des deux périodes .....	33
<b>Tableau 9 :</b>	Evolution de la population de la commune de Doui Thabet.....	40
<b>Tableau 10 :</b>	Répartition des terres utilisées par l'agriculture.....	41
<b>Tableau 11 :</b>	Evolution de nombre de cheptels.....	42
<b>Tableau 12 :</b>	Bilan des incendies de forêt domaniale de Doui Thabet (1988-2018).....	43
<b>Tableau 13 :</b>	Production moyenne en U.F des espèces.....	51
<b>Tableau 14 :</b>	Besoin du cheptel en U.F par type d'animal.....	52
<b>Tableau 15 :</b>	Classes d'indice de pression anthropique.....	53
<b>Tableau 16 :</b>	Caractérisation des zones échantillonnées dans la forêt de Doui Thabet.....	54
<b>Tableau 17 :</b>	Catalogue floristique de la forêt domaniale de Doui Thabet.....	54
<b>Tableau 18 :</b>	La flore rare, endémique et protégée de la zone d'étude.....	61
<b>Tableau 19 :</b>	Catalogue ethno-floristique de la zone de Doui Thabet.....	64
<b>Tableau 20 :</b>	Liste des orchidées inventoriées dans la zone de Doui Thabet.....	70
<b>Tableau 21 :</b>	Résultat des indices biologiques de la zone d'étude.....	71
<b>Tableau 22 :</b>	Nouvelles espèces pour la flore du sous-secteur O3.....	71
<b>Tableau 23 :</b>	Etat des orchidées de la zone d'étude.....	74
<b>Tableau 24 :</b>	Evolution des effectifs des cheptels entre 2009 et 2019.....	75
<b>Tableau 25 :</b>	Le calendrier fourrager des troupeaux dans la zone d'étude (2017-2019).....	75
<b>Tableau 26 :</b>	Evaluation des besoins annuels du cheptel en unités fourragères.....	75
<b>Tableau 27 :</b>	Evaluation du potentiel fourrager offert par la forêt dans la zone.....	76
<b>Tableau 28 :</b>	Bilan fourrager, coefficient de surpâturage et Indice de pression anthropique.....	76
<b>Tableau 29 :</b>	Comparaison phytoécologique entre notre étude et celle de Djebbouri et Terras.....	77
<b>Tableau 30 :</b>	Taxons rares, endémiques et protégés non recensés.....	80
<b>Tableau 31 :</b>	Comparaison de la diversité en orchidées de différentes régions d'Algérie.....	82
<b>Tableau 32 :</b>	Techniques de prélèvement des échantillons.....	118
<b>Tableau 33 :</b>	Protocole des traitements prégerminatifs des graines.....	121
<b>Tableau 34 :</b>	Résultats du traitement statistique de la germination de <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	125
<b>Tableau 35 :</b>	Taux de germination des graines de <i>Juniperus oxycedrus</i> en fonction du traitement appliqué aux graines.....	125

<b>Tableau 36 :</b>	Résultats du traitement statistique de la croissance du <i>Pinus halepensis</i> à la fin de chaque période de croissance.....	126
<b>Tableau 37 :</b>	Résultats du traitement statistique de la densité du <i>Pinus halepensis</i> à la fin de chaque période de croissance.....	127
<b>Tableau 38 :</b>	Résultats du traitement statistique de la croissance du <i>Tetraclinis articulata</i> à la fin de chaque période de croissance.....	128
<b>Tableau 39 :</b>	Résultats du traitement statistique de la densité du <i>Tetraclinis articulata</i> à la fin de chaque période de croissance.....	129
<b>Tableau 40 :</b>	Résultats du traitement statistique de la croissance du <i>Juniperus oxycedrus</i> à la fin de chaque période de croissance.....	130
<b>Tableau 41 :</b>	Résultats du traitement statistique de la densité du <i>Juniperus oxycedrus</i> à la fin de chaque période de croissance.....	131
<b>Tableau 42 :</b>	Résultats des différentes techniques utilisées dans la zone d'étude (sur la croissance).	134
<b>Tableau 43 :</b>	Résultats des différentes techniques utilisées dans la zone d'étude (sur la densité).....	139

## Liste des figures

		Pages
<b>Figure 1 :</b>	Surface des forêts dans les pays du pourtour de la Méditerranée .....	6
<b>Figure 2 :</b>	Limite bioclimatique et du bassin versant méditerranéen .....	8
<b>Figure 3 :</b>	Points chauds de la biodiversité et endémisme dans la région méditerranéenne.....	16
<b>Figure 4 :</b>	Répartition de la superficie forestière par nature juridique.....	20
<b>Figure 5 :</b>	Carte de la situation géographique et administrative de la forêt domaniale de Doui Thabet.....	24
<b>Figure 6 :</b>	Carte hypsométrique de la zone d'étude.....	25
<b>Figure 7 :</b>	Carte des pentes de la zone d'étude.....	26
<b>Figure 8 :</b>	Moyennes des précipitations mensuelles des deux périodes.....	30
<b>Figure 9 :</b>	Régime saisonnière des deux périodes.....	31
<b>Figure 10 :</b>	Température moyenne mensuel des deux périodes.....	32
<b>Figure 11 :</b>	Détermination du climat à partir de l'abaque de De Martonne.....	34
<b>Figure 12 :</b>	Position de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger.....	35
<b>Figure 13 :</b>	Diagramme ombrothermique de la zone d'étude des deux périodes.....	36
<b>Figure 14 :</b>	Carte des principaux territoires biogéographiques d'Algérie.....	37
<b>Figure 15 :</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.....	39
<b>Figure 16 :</b>	Impact des activités sur le milieu forestier.....	44
<b>Figure 17 :</b>	Carte de réseau hydrographique et sous bassins versants de la zone de Doui Thabet.....	45
<b>Figure 18 :</b>	Organigramme méthodologique de travail.....	46
<b>Figure 19 :</b>	Méthode d'extraction des produits dérivés à partir du M.N.T.....	51
<b>Figure 20 :</b>	Utilisation des plantes médicinales selon le sexe.....	67
<b>Figure 21 :</b>	Utilisation des plantes médicinales selon l'âge.....	67
<b>Figure 22 :</b>	Utilisation des plantes médicinales selon le niveau intellectuel.....	68
<b>Figure 23 :</b>	Répartition des pourcentages des différentes parties utilisées.....	68
<b>Figure 24 :</b>	Spectre biologique net de la zone d'étude.....	71
<b>Figure 25 :</b>	Ordination de l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C).....	73
<b>Figure 26 :</b>	Ordination de la classification ascendante hiérarchique (C.H.A).....	74
<b>Figure 27 :</b>	Etapes de la dynamique des peuplements végétaux soumis à l'action de l'homme.....	89
<b>Figure 28 :</b>	Dynamique temporelle des communautés.....	91
<b>Figure 29 :</b>	La relation entre la succession et la restauration écologique des écosystèmes.....	92
<b>Figure 30 :</b>	Les processus écologiques au cours de la restauration écologique.....	96
<b>Figure 31 :</b>	Périmètre d'étude entre : (a) : 13/08/2009 ; (b) : 06/08/2019.....	114
<b>Figure 32 :</b>	Localisation du site expérimental dans la forêt de Doui Thabet.....	115
<b>Figure 33 :</b>	a,b,c : Tracage des placettes ; d : semis ; e : Arrosage en Eté ; f : Véhicule d'arrosage ; g : scarification mécanique des graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> ; h : clôture (mise en défens : 1 ha) ; i : Broyage ; j : mesures ; k : crochetage ; l : Labour profond.....	120

<b>Figure 34 :</b>	a : graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> ; b : graines du <i>Pinus halepensis</i> ; c: graines du <i>Tetraclinis articulata</i>	122
<b>Figure 35 :</b>	Traitement avec l'acide sulfurique (Graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> ).....	123
<b>Figure 36 :</b>	Traitement avec froid (Graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> ).....	123
<b>Figure 37 :</b>	Graines non traitées (témoin) (Graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> ).....	123
<b>Figure 38 :</b>	Traitement mécanique (Graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> ).....	123
<b>Figure 39 :</b>	Cinétique de la germination en fonction du temps des graines de <i>Juniperus oxycedrus</i> sous l'effet de différents prétraitements.....	126
<b>Figure 40 :</b>	Effet des traitements de sol sur la croissance cumulée en hauteur des plants du <i>Pinus halepensis</i> .....	127
<b>Figure 41 :</b>	Effet des traitements de sol la densité du <i>Pinus halepensis</i> à la fin de chaque période de croissance.....	128
<b>Figure 42 :</b>	Effet des traitements de sol sur la croissance cumulée en hauteur des plants du <i>Tetraclinis articulata</i> .....	129
<b>Figure 43 :</b>	Effet des traitements de sol sur la densité cumulée des plants du <i>Tetraclinis articulata</i> ....	130
<b>Figure 44 :</b>	Effet des traitements de sol sur la croissance cumulée en hauteur des plants du <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	131
<b>Figure 45 :</b>	Effet des traitements de sol sur la densité cumulée des plants du <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	132

# Liste des abréviations

% : Pourcentage.

\* : Signification.

A : la productivité de l'azote.

A.F.C : Analyse factorielle des correspondances.

A.P.C : Assemblée populaire communale.

A: Secteur Algérois.

A1: Sous-secteur littoral.

A2: Sous-secteur de l'Atlas Tellien.

AC : Assez commun.

Alg : Algérienne.

Alt-Circum-Med : Atlantique Circum-Méditerranéen.

Alt-Méd: Atlantique Méditerranéen.

A.N.O.V.A : Analyse de la variance (analysis of variance).

AR : Assez rare.

AS' : régions hyperarides.

AS : secteur Atlas Saharien.

AS1: Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais.

AS2: Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois.

AS3: Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois.

AV.E : Attributs vitaux de l'écosystème

B.N.E.D.E.R : Bureau national des études de développement rural.

BRg : Broyage du Genévrier oxycèdre.

BRp : Broyage Pin d'alep.

BRt : Broyage Thuya de berberie.

C : commun.

C.A.D : Coefficient d'abondance-dominance.

C.C.T : Centre canadienne de la télédétection.

C.E.A : Coefficient d'efficacité de l'azote.

C.F : Conservation des forêts.

C.H.A : Classification hiérarchique d'ascendance.

C.P.R : Chantiers populaires de reboisements.

C.S.F.M : Conseils de la fonction militaire.

C° : Degré celsius.

C1: Secteur du Tell Constantinois

CC : Très commun.

CCC : Particulièrement répandu.

Ce : Charge d'équilibre.

Ch : Chamaephytes

Circumbor : Circumboréal.

Circum-Med : Circum-Méditerranéen.

CL: préoccupation

cm : Centimètre.

Cosm: Cosmopolite

Cr : Charge réelle.

CRg : Crochetage du Genévrier oxycèdre.

CRp : Crochetage Pin d'alep.

CRT : Crochetage Thuya de berberie.

D : distance séparant l'agglomération de la forêt.

D.G.F : Direction Générale des Forêts.

D.H.W : Direction de l'hydraulique de wilaya.

D.P.A.T : Direction de la Planification et d'Aménagement de la Territoire.

D.S.A : Direction des services agricole.

D.D.L : degré de liberté.  
 D.F.C.I : Défense de la Forêt Contre les Incendies.  
 E : Indice d'équitabilité.  
 E.A.C : Exploitation agricole collective.  
 E.A.I : Exploitation agricole individuelle.  
 E.N.V.I : Environnement for visualizing images  
 End : Endémique.  
 End-Ag-Mar: Endémique Algérie-Maroc  
 End-NA : Endémique Nord-Africain.  
 Eur : Européen.  
 Euras : Eurasiatique.  
 Eur-As : Européen-Asiatique.  
 Euras-Aj-Sept : Eurasiatique.  
 Euras-Med : Eurasiatique- Méditerranéen.  
 Euras-N-A-Trip : Eurasiatique -Nord-Africain-Tripolitaine.  
 Eur-Méd : Européen-Méditerranéen.  
 Eur-Mérid-N-A : Européen- Méridional Nord-Africain.  
 F : Horizon organique 'F'.  
 F : Forêts.  
 FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.  
 Fg : Feux : brulage du Genévrier oxycèdre.  
 Fobs : F. observé.  
 Fp : Brulage Pin d'alep.  
 Ft : Feux : Brulage Thuya de berberie.  
 Ge : Géophytes  
 G.E.N.M.E.D.O.C : Réseau de centres de conservation du matériel génétique de la flore des régions méditerranéennes de l'espace.  
 H : Horizon organique 'H'.  
 H' : régions arides.  
 H'' : secteurs des hauts plateaux (H).  
 H' : Indice de Shannon.  
 H1: Sous-secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais.  
 H2: Sous-secteur des Hauts Plateaux constantinois.  
 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : Acide sulfurique .  
 Ha : hectare.  
 Hd : Sous-secteur du Hodna.  
 He : Hémicryptophytes  
 Hm<sup>3</sup> : hectomètre cube.  
 I.P : Indice de perturbation.  
 I.P.A : indice de pression anthropique.  
 Ia : Indice d'aridité de Demartone.  
 IB : Index Brightness.  
 Ibero-Mar : Ibéro- Marocain.  
 Ibero-Maur : Ibéro-Mauritanien.  
 Ibero-Maurit-Malt : Ibéro-Mauritanien  
 IR : Infra rouge  
 K : coefficient de pression du cheptel.  
 K1: Sous-secteur de la grande Kabylie.  
 K2: Sous-secteur de la petite Kabylie.  
 K3: Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne).  
 Km<sup>2</sup> : kilomètre carré.  
 L : Horizon organique 'L'.  
 LAND SAT : Land satellite  
 LBg : Labour Genévrier oxycèdre.  
 LBp : Labour Pin d' alep.  
 LBt : Labour Thuya de berberie.

LC : préoccupation mineure.  
Lib : Lybienne.  
Ln : Durée moyenne de présence de l'azote.  
m : Mètre.  
M : température moyenne maximale.  
M.N.T : Modèle Numérique du Terrain.  
M.S.S: Multi Spectral Scanner.  
m: température moyenne manimale.  
Macar-Med: Macaronésien- Méditerranéen  
Macar-Med-Irano-Tour: Macaronésien- Méditerranéen -Irano-Touranien.  
Mar : Marocainne.  
MC : Moyenne des carrés.  
Med: Méditerranéen ; Med-Atl: Méditerranéen- Atlantique.  
mm : millimètre.  
Mn : minute.  
N : Nord.  
N.A.S.A : National Aeronautics and Space Administration.  
N-A: Nord-Africain.  
N-A-Trip: Nord-Africain Tripolitaine.  
NE : non évaluée  
NHd : nombre d'habitants par agglomération.  
NT : quasi menacée  
O.M.C : Organisation Mondiale du Commerce.  
O1: Sous-secteur des Sahels littoraux.  
O2: Sous-secteur des plaines littorales  
O3 : sous-secteur biogéographique d'atlas tellien oranais.  
P : plus- value.  
P.A.W : Plan d'aménagement de wilaya.  
P.D.A.U : Plan directeur aménagement urbain.  
P.N.D.R.A : Plan national pour le développement rural.  
P.N.L.C.D : Plan national local de la conservation et du développement.  
P.N.R : Plan national de reboisement.  
P.N.U.D.E : Programme des Nations unies pour le développement.  
P' : parcours  
P' : Précipitation moyenne annuelle.  
Paleo-Subtrop : Paléo-Sub-Tropical.  
Paleo-Temp: Paléotempéré.  
Ph : Phanérophytes.  
Q<sub>2</sub> : Quotient pluviométrique d'Emberger.  
R : Relevé.  
R.G.P.H : Recensements Globale des Populations et de l'Habitat.  
R' : rare.  
S : Richesse spécifique.  
S.A.T : Surface agricole totale.  
S.A.T.E.C : Societe d'Assistance Technique.  
S.A.U : Surface agricole utile.  
S.E.R : La Society for Ecological Restoration.  
S.I.G : Système d'information géographique.  
S.M.W : Station météorologique de la wilaya.  
S.R.T.M : Shuttle Radar Topography Mission.  
Sah: Saharien.  
SC : Somme des carrés.  
SC : secteur Sahara Central.  
S-Med-Sah: Sud-Méditerranéen-Saharien  
SO : Secteur du Sahara Occidental.

S<sub>r</sub> : Surface.  
SS1 : Sous-secteur occidental du Sahara Septentrional.  
SS2 : Sous-secteur oriental du Sahara Septentrional.  
Sub-Cosm : Sub-Cosmopolite.  
Sub-Med: Sub-Méditerranéen.  
Sz : Surface totale de la zone de pâture .  
T : Température moyenne annuelle.  
T.C.S : techniques culturales simplifiées.  
T.M : Thématique Mapper.  
T.S.L : Travail du sol sans labour.  
T<sub>1</sub>: Temps passé jusqu'à la première germination (en jours).  
T<sub>50</sub> : Temps nécessaire pour obtenir 50% de la capacité germinative.  
Tg : Témoin Genévrier oxycèdre.  
Th : Thérophytes  
Tlt : témoin Thuya de berberie.  
Tp : Témoin Pin d'alep.  
Tt : Témoin Thuya de berberie.  
Tun : Tunisienne  
U.F : Unité fourragère.  
U.G.B : unité de gros bétail.  
U.I.C.N : Union internationale pour la conservation de la nature.  
U.P.B : Unité de petit bétail.  
U.T.M : Universal transverse mercator  
W.G.S. 84 : World Geodetic System 1984.  
W-Med : Ouest-Méditerranéen  
X1 et Y1 : Coordonnées réelles de la placette (forêt).  
X2 et Y2 : Coordonnées théoriques de la placette.

# TABLE DES MATIERES

Pages

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
Liste des publications et communications	

Introduction Générale	.....	1
-----------------------	-------	---

**Partie I : Diagnostic phytoécologique : Caractérisation écologique et évaluation des potentialités floristiques de la forêt de Doui Thabet**

Introduction	.....	4
--------------	-------	---

**Chapitre I : Etat des forêts de la région méditerranéenne**

1. Etat des forêts de la région méditerranéenne	.....	5
1.1. Généralités	.....	5
1.2. Aspect bioclimatique	.....	7
1.3. Aspects géomorphologiques et pédologiques	.....	8
1.4. Aspects floristiques	.....	8
1.5. Facteurs de dégradation et menaces	.....	9
1.5.1. Causes profondes (indirectes) de la dégradation	.....	9
1.5.2. Causes directes de dégradation et principaux agents	.....	11
1.6. Principaux types de forêts	.....	13
1.6.1. Les étages de végétation	.....	13
1.6.2. Points chauds de biodiversité et importance des zones refuges méditerranéennes	.....	15
1.6.3. L'anthropisation au sud et à l'est de la Méditerranée	.....	17
2. La végétation forestière en Algérie	.....	18
2.1. Présentation du territoire	.....	18
2.2. Espaces forestiers	.....	19
2.3. Présentation de la forêt algérienne	.....	19
2.4. Les causes de dégradation	.....	20
2.5. Généralités sur les principales plantes ligneuses de l'oranie	.....	21

**Chapitre II : Présentation de la zone d'étude**

1. Présentation des monts de Saida	.....	23
2. Forêt domaniale de Doui Thabet	.....	24
2.1. Situation géographique et délimitation écologique	.....	24
2.2. Caractéristiques du milieu physique	.....	25
2.2.1. Orographie	.....	25

2.2.2. Géomorphologie.....	25
2.2.3. Altitude.....	25
2.2.4. Pente.....	26
2.2.5. Exposition.....	27
2.3. Caractéristiques édaphiques.....	27
2.4. Caractéristiques géologiques.....	28
3. Etude climatique.....	28
3.1. Précipitation.....	29
3.2. Température.....	31
3.3. Amplitude thermique.....	32
3.4. Indice d'aridité de DE MARTONNE.....	33
3.5. Quotient pluviométrique d'EMBERGER.....	34
3.6. Classification des ambiances bioclimatiques en fonction de "T" et "m".....	35
3.7. Diagramme Ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....	35
4. Milieu Naturel et occupation du sol.....	36
4.1. Phytogéographie.....	36
4.2. Description de la végétation.....	37
4.3. Etude socio-économique.....	40
4.3.1. Démographie.....	40
4.3.2. Action directe de l'homme et les activités de production.....	40
4.3.3. Impact des activités sur le milieu forestier.....	43
5. Réseau hydrographique et sous bassins versants.....	44
<b>Chapitre III : Matériels et méthodes</b>	
1. Principe du travail.....	46
2. Démarche générale.....	47
2.1. Détermination des principales zones homo-écologiques.....	47
2.2. Potentialités floristiques.....	47
2.3. Caractérisation écologique.....	48
2.3.1. Indices eco-biologiques.....	48
2.3.2. Orchidoflore.....	49
2.3. Analyses phytogéographiques régionales (analyses sectorielles).....	49
2.3.4. Etude du milieu physique.....	50
2.3.5. Incidences de la pression anthropique sur la dégradation de la forêt de Doui Thabet.....	51
<b>Chapitre IV : Résultats et Discussion</b>	
1. Résultats.....	54
1.1. Zones homo-écologiques.....	54
1.2. Potentialités floristiques.....	54
1.2.1. Richesse floristique.....	54
1.2.2. La flore rare, endémique et menacée.....	61
1.2.3. La flore médicinale.....	63
1.2.4. Orchidoflore.....	70
1.3. Caractérisation écologique.....	70
1.3.1. Indices Eco-biologiques.....	70
1.3.2. Analyses phytogéographiques régionales.....	71
1.3.3. Etat des orchidées.....	74

1.3.4. Impact de la pression anthropique sur la dégradation de la forêt.....	75
2. Discussion.....	76
2.1. Inventaire et systématique.....	76
2.2. Evaluation de la phytodiversité.....	79
2.3. Rareté, endémisme et protection.....	79
2.4. Orchidoflore.....	81
2.5. Analyses phytogéographiques.....	83
2.6. Approche ethnobotanique.....	84
2.7. Incidences de la pression anthropique.....	84
Conclusion.....	87
<b>Partie II : La restauration écologique</b>	
Introduction.....	88
<b>Chapitre I : Concepts dans la restauration écologique</b>	
1. Dynamique du couvert végétal.....	89
1.1. Evolution.....	89
1.2. Dégradation.....	90
4. La restauration écologique.....	91
4.1 Les voies de la restauration.....	92
4.1.1. Restauration <i>sensu stricto</i> et <i>sensu lato</i> .....	92
4.1.2. Réhabilitation.....	93
4.1.3. Réaffectation.....	94
4.2. Ecosystème de référence.....	96
4.3. Stades alternatifs stables.....	97
4.4. Espèces clef de voûte.....	97
4.5. Seuil d'irréversibilité.....	97
4.6. Résistance et résilience.....	98
4.7. Trajectoire.....	98
4.8. Attributs vitaux de l'écosystème.....	99
4.9. Définition des attributs vitaux de l'écosystème.....	101
4.10. Fragmentation et réintégration au niveau du paysage.....	106
4.10.1. Fragmentation du paysage.....	106
4.10.2. Réintégration dans un paysage.....	107
4.10.3. Réintégration ultérieure dans le paysage.....	107
5. L'écologie de la restauration appliquée à la forêt.....	108
5.1. Fondements de l'écologie de la restauration appliquée au milieu forestier.....	108
5.2. Quelques moyens d'action pour réussir la restauration forestière.....	109
5.2.1. Stratégie de restauration.....	109
5.2.2. Amélioration des sols.....	109
5.2.3. Recréation d'un massif forestier pionnier.....	110
5.2.4. Restauration de la diversité biologique.....	110
6. Comment évaluer la réussite d'une restauration.....	110

7. Définition du système de référence.....	111
8. Des significations écologique, culturelle et socio- économique.....	112
8.2. Signification personnelle et culturelle.....	112
8.3. Signification socioéconomique.....	112
9. Méthodes d'observation de la dynamique.....	113
<b>Chapitre II : Dispositif expérimental</b>	
1. Dispositif expérimental.....	114
1.1. Présentation du site expérimentale.....	114
1.2. Choix du site d'expérimentation.....	115
1.2.1. Dominance.....	115
1.2.2. Problèmes de régénération de ces espèces.....	116
1.2.3. Intérêt éco-floristique.....	117
1.3. Description des techniques de restauration.....	117
1.3.1. Travaux du sol .....	117
1.3.2. Travaux de végétation.....	117
1.4. Principe de travail.....	119
1.5. Analyse statistique des données.....	124
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b>	
1. Résultats des prétraitements germinatifs.....	125
1.1. Germination des graines du <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	125
2. Analyse et interprétation des résultats de la restauration.....	126
2.1. <i>Pinus halepensis</i> .....	126
2.1.1. Croissance des plantules du <i>Pinus halepensis</i> .....	126
2.1.2. Evolution de la densité des plantules du <i>Pinus halepensis</i> .....	127
2.2. <i>Tetraclinis articulata</i> .....	128
2.2.1. Croissance des plantules du <i>Tetraclinis articulata</i> .....	128
2.2.2. Evolution de la densité des plantules du <i>Tetraclinis articulata</i> .....	130
2.3. <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	130
2.3.1. Croissance des plantules du <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	131
2.3.2. Evolution de la densité des plantules du <i>Juniperus oxycedrus</i> .....	143
3. Discussion.....	132
3.1. Discussion des résultats des prétraitements germinatifs.....	132
3.2. Discussion des résultats de la restauration écologique.....	133
3.2.1. Impact général des techniques de restauration sur la croissance des espèces .....	133
3.2.2. Impact général des techniques de restauration sur la densité des espèces.....	138
Conclusion.....	145
Conclusion Générale et perspectives .....	146

## 12 publications internationales dont :

### (7 publications internationales : Auteur principal)

- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia and Hasnaoui Okkacha: Ecological characterization and evaluation of the floristic potential of the forest of Doui Thabet (Saida Western Algeria) in the context of the restoration. Revue: *Eco. Env. & Cons.* 26 (1) : 2020.
- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia, Hasnaoui Okkacha and Khatir Hadj : Impact of ecological restoration techniques on the dynamics of degraded ecosystems of the mounts of Saida: Case of the forests of Doui Thabet (West Algeria). Revue : *Acta scientifica naturalis* , 7 (2) : 2020.
- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia and Hasnaoui Okkacha: Regional phytogeographic analysis of the flora of the Mounts of Saida (western Algeria): evaluation-restoration report. Revue : *Biodiversity Journal*, 11 (1):2020.
- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia, Hasnaoui Okkacha and Khatir Hadj: Rare, endemic and threatened flora of the mounts of saida (western algeria). Revue : *Agrobiologia*, 11 (2) : 2020.
- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia and Hasnaoui Okkacha: Ethnobotanical Approach and Floristic Inventory of Medicinal Plants in the Doui Thabet Region (Saida-Western Algeria). Revue : *PhytoChem & BioSub Journal*, 14 (1): 2020.
- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia and Hasnaoui Okkacha: Note on the orchids of mounts of Saida (Saida Western Algeria) in the context of the restoration. Revue : *Eco. Env. & Cons.* 26 (2) : 2020.
- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia, Hasnaoui Okkacha and Khatir Hadj : Impacts of anthropogenic pressure on the degradation of the forest of Doui Thabet (Saida, Western Algeria) in the context of the restoration. Revue : *Acta scientifica naturalis.* 7 (2) : 2020.

### (5 publications internationales: Co-auteur)

- Ghalem Sarra, Hassani Fayçal, Bensouna Amel, Khatir Hadj et Aouadj Sid Ahmed : Floristic cortege of the genre *Lavatera* a Malvaceae for the two species : *Lavatera maritima* and *L. flava* in the region of Sabra (Tlemcen, Western of Algeria). Revue : *Eco. Env. & Cons.* 26 (Novembre Issue Suppl.) : 2020.
- Ghalem Sarra, Hassani Fayçal, Aouadj Sid Ahmed et Bouayed Ibtissam Sarah : Contribution to a histometric study of *Lavatera maritima* in the Djebel Fellaoucen region (Tlemcen, North- West Algeria). Revue : *Biodiversity Journal*, 12 (2) : 2021.
- Ghalem Sarra, Hassani Fayçal, Aouadj Sid Ahmed et Bouayed Ibtissam Sarah : Biological, morphological and phytobiogeographic diversity of a Malvaceae *Lavatera maritima* in the Tlemcen region. Revue : *Biodiversity Journal*, 12 (1) : 2021.
- Farah Bessaid, Okkacha Hasnaoui, Brahim Babali et Sid Ahmed Aouadj : Post-fire regeneration of cork Oak and holm Oak at Tlemcen National Park (Western Algeria). Revue : *Biodiversity Journal.* 12 (2) : 2021.

- Nasrallah Yahia, Aouadj Sid Ahmed and Khatir Hadj : Impact of the exploitation of medicinal plants on biodiversity conservation in the region of Saida and El Bayadh, Algeria”. *Biodiversity, research and conservation* (60) : 2020.

## **12 Communications (congres, séminaires, conférences...) dont :**

### **5 Communications internationales et 7 nationales.**

- Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Contribution à la connaissance de la flore rare, endémique et menacées des monts de Saida. 2<sup>nd</sup> edition of the Afro-mediterranean days on multidisciplinary research and applications. Université de Rebat, Maroc (2019).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia, Hasnaoui Okkacha et Khatir Hadj : Utilisation des S.I.G pour la cartographie de risque d'érosion hydrique du sol dans la région de Saida (Ouest Algérien). La 1<sup>ere</sup> édition des journées internationales en géosciences et environnement. Agadir, Maroc (2021).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia, Hasnaoui Okkacha et Khatir Hadj : Etude diachronique des changements du couvert végétal dans un écosystème montagneux par télédétection spatiale : cas des monts de Saida (Ouest Algérien). La 1<sup>ere</sup> édition des journées internationales en géosciences et environnement. Agadir, Maroc (2021).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Diagnostic phyto-écologique de la forêt domaniale de Doui Thabet. Séminaire international : environnement et toxicologie. Université de Constantine, Algérie (2018).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Prétraitements germinatives des semences de *Pistacia lentiscus* L. et *Juniperus oxycedrus* L. Séminaire international Valorisation des bio-ressources : applications et impact sur le développement durable. Université de Boumerdes, Algérie (2019).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Utilisation des S.I.G pour la restauration écologique des écosystèmes dégradés : Cas des forêts de Doui Thabet. Séminaire national de biodiversité, biologie médicale et ecotoxicologie. Université de Sekikda, Algérie (2019).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Contribution à l' étude phyto-édaphique des formations pré-steppiques de la région de Doui Thabet. Séminaire national de la biodiversité steppique. Université de Tebessa, Algérie (2019).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Restauration et réhabilitation de la forêt de Doui Thabet (Ouest Algérien). Journée nationale : réhabilitation et valorisation des zones rudes et semi arides et adaptation des techniques au P.N.R pour son intégration à l'économie nationale. Université de Saida, Algérie (2019).
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Diagnostic phyto-sanitaire de la forêt de Doui Thabet (Ouest Algérien). Journée nationale : réhabilitation et valorisation des zones rudes et semi arides et adaptation des techniques au PNR pour son intégration à l'économie nationale. Université de Saida, Algérie (2019).

- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Inventaire des plantes médicinales du canton de Sidi Ahmed zeggai (Doui Thabet, Saida). Journée nationale Le plantes au service de l' homme. Université de Saida, Algérie. (2018)
- . Aouadj Sid Ahmed, Nasrallah Yahia et Hasnaoui Okkacha: Les plante médicinale de la forêt domaniale de Doui Thabet. Journée doctorale. Université de Tlemcen, Algérie (2018).
- . Aouadj Sid Ahmed, Hasnaoui Okkacha, Nasrallah Yahia : Etude des groupements végétaux de la zone humide du Chott Ech Chergui (Ain Skhouna- Saida). Le 1er Séminaire National en ligne (Webinaire) sur les Zones Humides en Algérie. Tlemcen, le 02 Février 2021.

## **Introduction générale**

## **Introduction générale**

La végétation joue un rôle fondamental dans la structure et le fonctionnement de l'écosystème dont elle constitue une expression de son potentiel biologique. Cependant, le couvert végétal naturel y est soumis à un double stress édapho-climatique d'une part et anthropogène d'autre part. Décideurs et chercheurs n'ont cessé d'insister sur la gravité et l'aggravation constante des phénomènes de dégradation des milieux forestiers et sur l'urgence à adopter les solutions adéquates afin d'y remédier. Malgré les efforts déployés en matière d'investigations écologiques et socioéconomiques, les résultats obtenus issus de quelques tentatives de développement sont très loin des espoirs escomptés.

Nombreux sont ceux qui s'accordent à dire que ces écosystèmes fragilisés ont subis une régression qu'il est judicieux de mesurer, de quantifier à travers un diagnostic phytoécologique sur la base d'indicateurs appropriés.

Les principales vulnérabilités pour cet écosystème (forestier) concernent la température ainsi que les sécheresses prolongées qui menacent les étages floristiques des massifs montagneux forestiers humides. Combiné à la déforestation, ils constituent les principales menaces pour les forêts algériennes notamment au niveau de la dégradation et/ou la fragmentation des habitats. De même, l'accentuation du déséquilibre de la charge pastorale conjugué à l'aggravation de l'érosion serait de nature à diminuer la résilience de l'écosystème.

Si en Europe, les modifications globales des processus fonctionnels des milieux naturels, qui ont perturbé le cycle du carbone et la productivité des écosystèmes, ont commencé depuis l'entrée dans l'ère industrielle, qui a caractérisé la modification de la composition de l'atmosphère et, consécutivement, des climats (**IFP, 2004**). **TASSY in TROLLARD (1893)**, chargé d'une mission d'étude des forêts de l'Algérie en 1871, écrivait : « Il faut prendre des mesures énergiques pour arrêter le déboisement de l'Algérie sinon les sables du Sahara envahiront les hauts- plateaux et les pluies torrentielles dépouilleront les pentes de leur terre végétale».

Dans son rapport, la **FAO (2001)**, note qu'en Afrique du Nord la désertification avance à un rythme de 200 000 ha par an et les pertes de capacité des barrages et retenues collinaires, suite à l'érosion des terrains des bassins versants sont de l'ordre de 50%, en Algérie. La superficie menacée par l'érosion est toujours de 12 millions d'ha et celle de l'ensablement avoisine les 30 millions d'ha (**BOUDJADJA et al., 2003 ; PNUDE, 2015**).

Dès son indépendance en 1962, l'Algérie a entamé un vaste programme de reboisement pour reconstituer les massifs forestiers détruits par les bombardements militaires et les incendies volontaires durant la guerre de libération nationale.

Selon la **DGF (1990)** et **BENAMIROUCHE (2006)**, une superficie de 460 400 ha a été réalisée entre 1962 et 1987. L'analyse du bilan des reboisements, fait ressortir que 378 962 ha ont été réalisés durant la période : 1988 – 2002. Le recours au reboisement comme moyens de reconstitution de ces formations est devenue une préoccupation nationale (PNR, PNLCD, CPR...).

Cependant, les conditions écologiques, plus particulièrement climatiques des régions touchées, n'offrent pas aux reboiseurs un grand choix en matière d'espèces de reboisement. En outre l'inefficacité des textes et des institutions chargées de la gestion de l'espace aboutit à l'absence de stratégie de gestion durable des espaces et de leurs composantes. Tous ces espaces sont soumis à une agression quasi-permanente imposée par le cheptel, les incendies, les défrichements et la surexploitation. Ces différentes actions ; se traduisent par une altération des potentialités avec toutes ses conséquences.

**BENSAID (1998)** et **BENAMIROUCHE (2006)**, notent que l'échec dans les reboisements dépasse les 60% en général et que 80% des plantations ont été réalisées à base de *Pinus halepensis* et d'*Eucalyptus camaldulensis*.

Les incendies de forêts sont des phénomènes dangereux et fréquents dans les forêts méditerranéennes. Chaque année environ 35000 ha sont dévorés par le feu. Des moyens lourds et de gros investissements sont mis dans la lutte anti incendie (**AOUADJ et al., 2020a**).

Cependant, la plupart du temps, la régénération naturelle post incendie ne suit pas, elle est soit absente soit retardée dans le temps. Si la régénération naturelle tarde à venir, le gestionnaire forestier par crainte de dégradation des sols et des paysages fait recours au reboisement. Or, les reboisements en Algérie sont très onéreux, en plus de la perte de la diversité biologique et le manque d'adaptation des plantes. Un faible succès de ces plantations est enregistré (taux de réussite inférieur à 45%) ce qui a conduit à la généralisation de l'érosion de l'ensemble des terres avec pour résultat la fragilité de nombreux écosystèmes. La superficie des terres sujettes à l'érosion est de 3 423 866 hectares, soit 40% de l'espace montagnoux (**BENAMIROUCHE, 2006**). Les effets de l'érosion se traduisent par des menaces de désertification susceptibles de modifier profondément les écosystèmes.

L'écologie de la restauration, appelée également restauration écologique, est le fait de restaurer des écosystèmes qui ont été endommagés voire détruits par les activités humaines et/ou le changement climatique. Il s'agit donc d'une activité intentionnelle qui initie ou accélère le rétablissement d'un écosystème antérieur (ancien ou récent) par rapport à sa composition spécifique, sa structure communautaire, son fonctionnement écologique, la capacité de l'environnement physique à supporter son biote (ensemble des organismes vivants) et sa connectivité avec le paysage ambiant. Cela suppose et nécessite une bonne connaissance de l'écologie fonctionnelle et évolutive des écosystèmes ciblés, de l'histoire de la dégradation anthropique et enfin, du choix d'un écosystème de référence. Pour guider la planification, la réalisation, le suivi et l'évaluation du projet de restauration (**WHITE et WALKER, 1997** ;

**EGAN et HOWELL, 2001 ; PALMER et FILOSO, 2009 : ARONSON et ALEXANDER, 2013).**

De ce fait, cette contribution vise à mettre le doigt sur les difficultés aussi connexes qui pèsent sur les écosystèmes forestiers des forêts domaniales de Doui Thabet (wilaya de Saida) et proposer des techniques de restauration appropriées. Nous sommes alors désireux de connaître les techniques à mettre en œuvre pour faciliter la régénération naturelle de ces formations mixtes constituées principalement de : *Pinus halepensis*, *Juniperus oxycedrus*, *Stipa tenacissima*, *Tetraclinis articulata* et *Pistacia lentiscus*. Notre approche se basée sur la réalisation d'un diagnostic phytoécologique de la zone d'étude afin de connaître l'état des lieux et identifier les espèces clés de voutes et pionnières pour tester les possibilités d'aide à leurs régénérations.

Pour aboutir à nos attentes, notre travail est divisé en deux parties :

I. La partie (I) est dédiées au diagnostic phyto-écologique de la zone d'étude ; Elle est composée de quatre chapitres. Ces derniers relateur l'état des forêts en région méditerranéenne en général et la végétation forestière en Algérie en particulier.

Dans cette partie, nous avons réservé un chapitre à la présentation de la zone d'étude, suivi par un chapitre dans lequel les différentes méthodes qui ont été utilisées dans cette investigation, enfin dans le dernier chapitre, on a présenté les résultats obtenus et leurs discussions.

II. La deuxième partie a été réservée à l'impact de la restauration écologique dans la zone d'étude.

Cette partie est constituée de trois chapitres :

- Dans le premier, on présente la restauration écologique du sens large.
- Le deuxième chapitre a été réservé aux différentes approches utilisées dans ce travail (dispositif expérimental).
- Le troisième chapitre, nous avons présenté les résultats suivis d'une discussion.

Le travail a été achevé par une conclusion.

## **Partie I**

# **Diagnostic phytoécologique : Caractérisation écologique et évaluation des potentialités floristiques de la forêt de Doui Thabet**

## **Introduction**

Les écosystèmes des monts de Saida comme toutes les formations de l'Atlas Tellien Oriental (Tlemcen, Sidi Bel Abbès, Saida, Mascara, Tiaret...etc) ont connu une régression continue à cause des incendies, l'action anthropique, la gestion inappropriée et une faible pluviométrie liée à sa position géographique. Cette situation nécessite des stratégies de restauration et de réhabilitation urgentes (**BENABDELI, 2006 ; MEDJAHDI *et al.*, 2007 ; HASNAOUI, 2008 ; TERRAS, 2013 ; NASRALLAH, 2014 ; BABALI *et al.*, 2014 ; KEFIFA, 2015 ; HASNAOUI & NASRALLAH, 2015 ; NASRALLAH & KEFIFA, 2015 ; MIARA *et al.*, 2018 ; AOUADJ *et al.*, 2020b**).

Les stratégies de la restauration et de la conservation des écosystèmes naturels dégradés commencent par comprendre le comportement de la végétation dans sa composition et dans son dynamisme et d'approcher le processus de dégradation et l'évaluation de ces potentialités (**QUÉZEL, 1999**).

En ce sens et dans cette première partie du travail, nous avons procédé à un diagnostic phytoécologique des écosystèmes de la zone de Doui Thabet en premier temps, pour élaborer une stratégie de restauration de cet écosystème dégradé dans un deuxième temps.

Le diagnostic phytoécologique est basé sur : Détermination des principales zones homocologiques, Caractérisation écologique (Indices Eco-biologiques de la biodiversité ; Analyses phytogéographiques régionales ; Groupes fonctionnels ; Bio-indicateur (Etat des orchidées) ; Incidences de la pression anthropique (Indice de l'action anthropique et Coefficient de surpâturage).

Aussi une étude bibliographique est présentée sur la région méditerranéenne (Diversité floristiques, menaces, composition...etc) et une présentation détaillée de la zone de Doui Thabet (zone d'étude) : situation géographique et juridique, orographie, sols, géologie et lithologie, bioclimat, hydrologie, socio-économie et le milieu naturelle avec élaboration des différentes cartes à partir des images Radar.

## **Chapitre I**

### **Etat des forêts de la région méditerranéenne**

## **I. Etat des forêts de la région méditerranéenne**

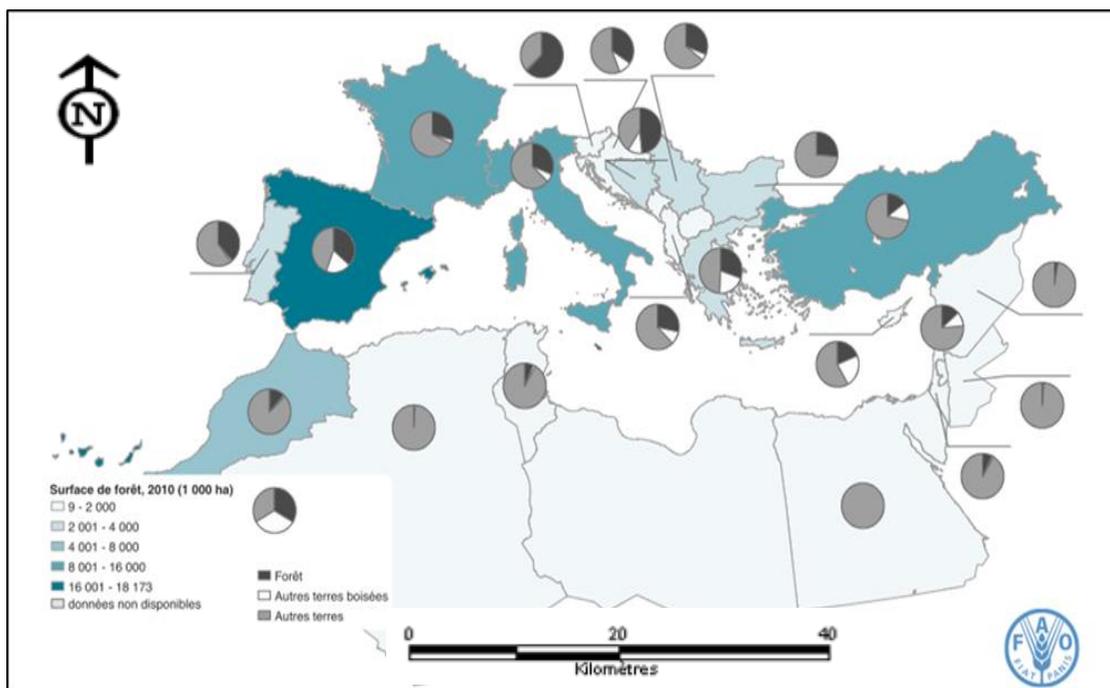
### **1.1.Généralités**

Les forêts ont toujours jouées un rôle important dans le développement des populations méditerranéennes. Depuis toujours les forêts méditerranéennes ont été exploitées pour leurs différents usages et appréciées pour les multiples biens et services qu'elles procurent à ces populations. Cependant, la surexploitation se traduit par des impacts négatifs sur l'environnement et elle est responsable aujourd'hui de dégradations des forêts dans de nombreux espaces méditerranéens **(FAO, 2013)**.

Des situations différentes caractérisent la région méditerranéenne: au Nord, les écosystèmes forestiers sont souvent inexploités, alors qu'au Sud et à l'Est, les pressions anthropiques contribuent à la dégradation des espaces boisés. Ces situations contrastées accroissent les menaces sur les bénéfices que les forêts procurent aux populations et requièrent de nouvelles stratégies pour gérer durablement ces écosystèmes fragiles **(FAO, 2013)**.

En 2010, la surface forestière des pays méditerranéens s'élevait à 85 millions d'hectares, représentant environ 2% de la surface forestière mondiale (4033 millions d'hectares) **(FAO, 2013)**. Les surfaces forestières sont inégalement distribuées autour du bassin méditerranéen avec des différences significatives entre les pays (Figure 1) : plus de 50 pour cent sont concentrées en Espagne, France et Turquie. Les autres terres boisées représentent seulement 4 % de la surface totale des terres dans les pays du pourtour méditerranéen. Comme les conditions climatiques et édaphiques du Sud de la Méditerranée favorisent la végétation buissonnante, les autres terres boisées représentent 20 % en Grèce, 19 % en Espagne et 13 % en Turquie. Au cours des vingt dernières années, les surfaces forestières dans les pays du pourtour méditerranéen ont augmenté de près de 12 millions d'hectares. En moyenne elles se sont accrues de 0.68 %/an. À l'exception de l'Albanie, de l'Algérie, de la Bosnie-Herzégovine et de la Palestine qui présentent des épisodes de diminutions du couvert forestier **(FAO, 2013 ; QUEZEL, 1980)**. Les pays du pourtour de la Méditerranée ont continuellement accru leurs surfaces forestières. Ces changements sont principalement liés à l'accroissement naturel des forêts, aux boisements et aux reboisements.

L'Algérie appartient à cette zone biogéographique par son climat, sa végétation et de son bioclimat. Plusieurs auteurs géographes, botanistes, forestiers, phytoécologues et phytosociologues se sont intéressés à cette région dont les caractéristiques floristiques et climatiques sont particulières et méritent d'être connues.



**Figure 1.** Surface des forêts dans les pays du pourtour de la Méditerranée (FAO, 2013 ; modifié).

L'ensemble des territoires correspondant à la région méditerranéenne représentent approximativement une superficie de 2 300 000 km<sup>2</sup>. Selon QUEZEL (1979), cette région se caractérise par un climat et une végétation méditerranéenne et correspond dans le contexte circumméditerranéen aux superficies par pays comme suit (tableau 1) :

**Tableau 1.** La superficie des territoires circumméditerranéen (QUEZEL, 1979).

Pays	Superficie en (Km <sup>2</sup> )	Pourcentage (%)
Turquie	480000	20.8
Espagne	400000	17.3
Algérie	300000	13.3
Maroc	300000	13.3
Italie	200000	9
Grèce	100000	4.3
Libye	100000	4.3
Tunisie	-100000	4.3
Portugal	70000	3
France	50000	2.1
Syrie	50 000	2.1
Egypte	50000	2.1
Yougoslavie	40000	1.7
Albanie	20000	0.8
Liban	10000	0.4
Palestine	10000	0.4
Jordanie	10000	0.4
Chypre	9000	0.13
<b>Total</b>	<b>2300000 Km<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>

## 1.2. Aspect bioclimatique

Beaucoup de travaux relatifs à la caractérisation du climat méditerranéen ont été entrepris et le sont encore. Malgré les quelques divergences la quasi-totalité des forestiers, écologues et climatologues ont adopté les considérations d'**EMBERGER (1930-45)**, **SAUVAGE (1963)**, **AKMAN et DAGET (1971)**, **QUEZEL (1976)**, **NAHAL (1977)** et **DAGET (1977)**.

Le climat méditerranéen est essentiellement caractérisé par une phase de sécheresse correspondant à la période chaude. Est considéré comme climat méditerranéen tous types de climat où la sécheresse estivale est prépondérante, quel que soit les valeurs thermiques hivernales (**BENABDELI, 1996**).

L'hétérogénéité des facteurs climatiques a été à l'origine des nombreuses classifications proposées par divers auteurs **EMBERGER (1955)**, **BAGNOULS et GAUSSEN (1955)**, **SAUVAGE (1961)**, **WALTER et LIETH (1960)**, **ALCARAZ (1969)**. Tous les travaux de ces chercheurs peuvent être mis sans peine, en parallèle. Ils caractérisent les divers types bioclimatiques méditerranéens en se basant sur les précipitations et les températures ainsi que sur la période de sécheresse estivale. Les travaux d'**EMBERGER** au Maroc entre 1930-1939 lui ont permis de définir du point de vue bioclimatique divers étages de végétation avec leurs variantes (tableau 2 et figure 2).

D'après **EMBERGER, (1955)**, **ALCARZ (1969)** et **BENABDELI (1996)**, ces classifications sont assez proches l'une de l'autre et donnent des résultats utilisables pour une région géographique limitée. La localisation schématique de la végétation sur le climagramme d'**EMBERGER** est proche de la réalité écologique en particulier dans les régions à régime pluviométrique de type P.H.A.E. Les aires de distribution des principales espèces forestières en fonction de la valeur du coefficient pluviothermique ( $Q_2$ ) et de la moyenne des minimas du mois le plus froid, nous donnent des informations utiles et confortent quelques opérations forestières (repeuplement, reboisement, plantation). La faiblesse du réseau météorologique et sa mauvaise localisation ne permet pas d'avoir des informations précises utilisables pour l'élaboration de cartes et des climagrammes fiables.

**Tableau 2.** Les classifications de référence (**EMBERGER, 1955 ; ALCARZ, 1969**).

Les étages bioclimatiques	Quotient pluviothermique d'EMBERGER "Q <sub>2</sub> "	Indice xéothermique de GAUSSEN "X"	Précipitations moyennes annuelles en mm "P"
Aride	20 – 30	125 – 150	300 – 500
Semi-aride	30 – 50	100 – 125	500-700
Subhumide	50 – 90	75 – 100	700-1000
Humide	Plus de 90	40 – 75	Plus de 1000

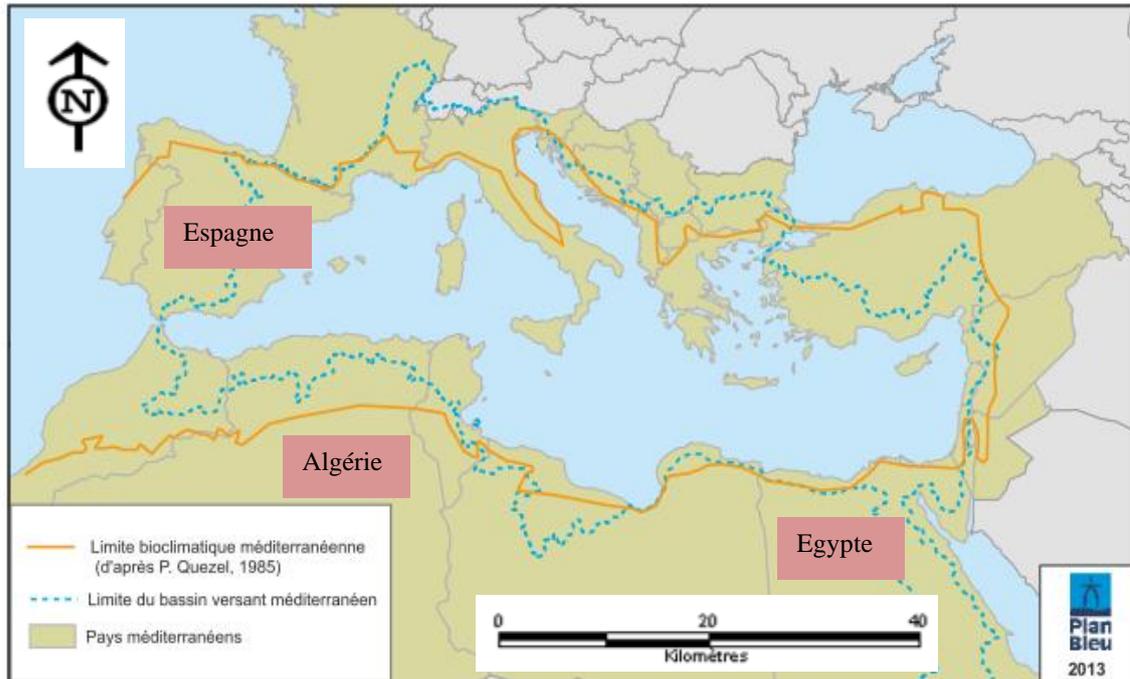


Figure 2. Limite bioclimatique et du bassin versant méditerranéen (EWING *et al.*, 2010 ; modifié).

### 1.3. Aspects géomorphologiques et pédologiques

D'après **BENABDELI *et al.* (2007)**, la géologie de la région méditerranéenne est l'une des plus complexes du monde, véritable puzzle dans son modelé, sa fragmentation et son hétérogénéité ainsi qu'un substrat géologique varié qui multiplie les potentialités climatiques et microclimatiques qui se traduisent par une diversification de la végétation forestière. Les sols ne diffèrent pas de ceux des autres régions à l'exception de deux types : les sols rouges méditerranéens et les sols à croûte. Les terra rossa sont le domaine de prédilection des forêts sclérophylles et à l'occasion de forêts caducifoliées. Les sols à croûte calcaire se localisent aux étages arides et semi-arides et ne supportent que des forêts à *Pinus halepensis* et à *Quercus ilex*. Quand les conditions le permettent (surcharge humique), ces sols évoluent vers les sols bruns forestiers considérés comme les seuls sols climaciques en région méditerranéenne.

### 1.4. Aspects floristiques

La végétation méditerranéenne peut être définie par la physionomie des associations végétales où la prédominance d'arbres et d'arbustes à feuilles toujours vertes plus ou moins coriaces. La coupure essentielle entre les forêts tempérées et les forêts méditerranéennes est que, pour les premières, l'hiver est une saison de repos absolu, alors que pour les secondes, il s'agit d'un repos très relatif, parfois même complètement supprimé, l'été devenant de plus en plus un inhibiteur d'activité végétative. Cette anatomie et physiologie des végétaux est commandé par des éléments climatiques qui caractérisent le climat méditerranéen. Selon **BENABDELI (1996)** et **F.A.O (2018)**, les expressions végétatives du climat méditerranéen sont :

- ✓ La forêt à feuilles xérophiiles sempervirentes permettant au végétal de résister aux vies médiocres en hiver et pires en été.
- ✓ Le type méditerranéen moyen caractérisé par le *Quercus ilex* et son cortège tel que : *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea media*, *Olea europaea*, *Quercus coccifera*. Le *Quercus suber* qui n'existe que dans les pays de la Méditerranée occidentale avec sa strate sous-arbustive caractérisée par la présence de : *Arbutus unedo*, *Erica arborea* et *multiflora*, *Cistus sp.*
- ✓ Les peuplements constitués par *Pinus pinea*, *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* sont légèrement résistants à des conditions climatiques et de sol particuliers.
- ✓ L'*oléolentisque*, stade de dégradation colonisant le sol où domine l'*Olea europaea*, espèce méditerranéenne par excellence, le *Pistacia lentiscus* et des espèces thermophiles.
- ✓ La forêt mixte caractérisée par un mélange d'arbres et d'arbrisseaux à feuilles caduques et à feuilles persistantes et xérophiiles. Ce type de végétation se rencontre dans la zone méditerranéenne humide à courte saison sèche.

## **1.5. Facteurs de dégradation et menaces**

Les changements globaux, compris comme le large éventail de phénomènes mondiaux résultant de l'activité humaine, affectent l'ensemble du bassin méditerranéen (**DOBLAS-MIRANDA et al., 2017**). Les menaces causées par ces changements globaux posent un risque particulier pour les principales caractéristiques des forêts et des habitats forestiers méditerranéens (**FAO, 2018**). Nous distinguons trois formations à savoir :

1. les forêts et les formations arbustives méditerranéennes sont très sensibles aux changements climatiques mondiaux en raison de leur proximité avec les régions arides;
2. une longue histoire de changement d'affectation des sols peut entraîner des incendies plus fréquents et plus intenses, une rareté de l'eau et une dégradation des sols;
3. un biote singulier lié à une plus grande vulnérabilité à l'extinction induite par le changement climatique.

### **1.5.1. Causes profondes (indirectes) de la dégradation**

#### *Politiques locales et régionales*

La région méditerranéenne est à l'intersection de trois continents. Les pays méditerranéens ne partagent pas une stratégie forestière commune reconnaissant les nombreuses fonctions et valeurs des forêts méditerranéennes, en particulier eu égard aux changements globaux. En conséquence, la gouvernance forestière reste la responsabilité des autorités nationales. Cependant, au niveau régional, les politiques forestières peuvent facilement perdre leur flexibilité et dans certains cas promouvoir par inadvertance (en n'effectuant pas de prévention) des causes de dégradation non seulement environnementales, mais également économiques et sociales (par exemple : Le risque accru des feux de forêt dans

la région nécessite de nouvelles politiques et approches en matière de gestion des feux. Des politiques de lutte contre les feux de forêts qui ne sont pas renforcées par une gestion de la végétation, la sylviculture et une gestion intégrée des forêts au niveau du paysage peuvent sérieusement aggraver la dégradation des forêts en raison de l'accumulation de combustible, et par conséquent conduire à un risque supplémentaire de feux de forêt. Cette situation nécessite de nouvelles politiques de lutte contre les incendies ainsi que des stratégies préventives efficaces telles que la planification intégrée de la gestion des incendies et des forêts. L'objectif est de mettre en place des politiques territoriales permettant aux feux de forêts de faire partie des écosystèmes méditerranéens mais à un niveau « acceptable ». Les stratégies et les politiques doivent être abordées en considérant toutes les dimensions, y compris une identification claire des objectifs de protection civile et de protection des forêts. Enfin, la priorité devrait être accordée à la transition des politiques à court terme de contrôle des incendies vers des politiques à plus long terme visant à éliminer les causes structurelles de ces feux) (FAO, 2018).

Le Cadre stratégique pour les forêts méditerranéennes, adopté lors de la troisième Semaine forestière méditerranéenne à Tlemcen (Algérie) en 2013, est un autre outil régional promouvant de nouvelles politiques et initiatives pour atténuer la dégradation des forêts en Méditerranée. Il appelle à une meilleure gouvernance de l'élaboration, de la mise en œuvre et du suivi des politiques, notamment en favorisant la participation de tous les acteurs au niveau du paysage / territoire.

Le Cadre stratégique pour les forêts méditerranéennes a été rapidement intégré aux initiatives nationales. En Algérie, par exemple, il a été pris en compte lors de l'élaboration du plan forestier national du pays. Une traduction plus large du cadre stratégique pour les forêts méditerranéennes et sa mise en œuvre pratique restent cependant nécessaires. Les initiatives ci-dessus ne sont que quelques exemples parmi d'autres d'activités déjà entreprises dans la région méditerranéenne. Néanmoins, il reste encore beaucoup à faire pour élaborer une stratégie régionale appuyant l'élaboration de politiques forestières méditerranéennes révisées et communes. Celles-ci sont nécessaires pour réduire la dégradation et maintenir la qualité de la forêt afin de pouvoir continuer à fournir divers biens et services écologiques et socio-économiques et à contribuer au développement socio-économique, sur la base d'une planification intégrée du paysage (FAO, 2018).

### *Micro et macro-économie*

L'économie affecte indirectement la dégradation des forêts. La «bioéconomie» est un concept clé utilisé pour décrire et concevoir les politiques de développement dans les pays méditerranéens (BUGGE *et al.*, 2016). Il n'y a pas de consensus dans la littérature sur le fait de savoir si la bioéconomie représente un paradigme, un métarécit ou simplement un concept général. Cependant, en analysant la mise en œuvre de ce concept dans le secteur forestier, nous trouvons qu'il existe deux points de vue opposés et différentes perspectives sous-jacentes sur le rôle que les ressources forestières peuvent jouer dans les politiques de développement rural: une approche technologique par opposition à une approche sociale du concept de bio-

développement. Ces deux approches ont des conséquences différentes sur les écosystèmes forestiers méditerranéens (PÜLZL *et al.*, 2014).

### *Tendances démographiques et migration*

Dans de nombreux pays méditerranéens, la croissance démographique est l'un des principaux facteurs affectant les écosystèmes forestiers de la région. Alors que la population du sud de l'Europe devrait augmenter légèrement pour atteindre 155 millions de personnes d'ici 2050, la population nord-africaine devrait augmenter de 50 % au cours de la même période (DAES, 2009). Bien que présenter la surpopulation comme cause principale de l'érosion, de la désertification, de la déforestation, des ravageurs et des maladies, de la pollution et de la diminution des ressources en eau soit une simplification de processus plus complexes (AUCLAIR *et al.*, 2001), elle n'est pas moins indéniablement impliquée dans ces menaces environnementales.

Outre la migration locale des populations des zones rurales vers les zones urbaines décrite ci-dessus (entraînant le vieillissement des populations rurales), la migration régionale à travers la région méditerranéenne crée également un déséquilibre entre les populations humaines et l'environnement. Les migrations sont en partie la conséquence de la dégradation de l'environnement dans les pays d'origine et entraînent le risque que la surexploitation des ressources soit transmise aux pays d'arrivée (FAO, 2016).

## **1.5.2. Causes directes de dégradation et principaux agents**

### *Changement climatique*

Tout au long de l'histoire de la Terre, le climat a été caractérisé par de fréquentes fluctuations entre des périodes de chaleur relative et de froid relatif. Cependant, des augmentations inhabituelles des températures mondiales ont eu lieu au cours du siècle dernier et le bassin méditerranéen ne semble pas pouvoir échapper à ce changement climatique sans équivoque. Des données récentes indiquent une augmentation de la température d'environ 0,85°C au niveau global et de 1,3°C au niveau méditerranéen au cours du siècle dernier, par rapport aux températures enregistrées de 1880 à 1920 (SOLOMOU *et al.*, 2017). Le climat méditerranéen devrait devenir plus sec et plus chaud, avec une diminution de la quantité d'eau disponible pour les plantes et une évapotranspiration croissante (GIEC, 2007). La couverture végétale de la Méditerranée est le résultat d'un long et lent processus d'évolution, influencé par les facteurs climatiques qui caractérisent la région (VALLADARES *et al.*, 2014). Cependant, les pressions socio-économiques ont historiquement affecté les forêts méditerranéennes, entraînant d'innombrables affections anthropiques, des pratiques forestières non durables et de la négligence vis-à-vis des terres boisées. Les changements climatiques ont exacerbé ces pressions, affectant négativement les terres forestières de la région. Le rythme actuel des changements climatiques est beaucoup plus rapide qu'auparavant et présente un risque plus élevé d'événements météorologiques extrêmes, tels que des périodes prolongées de sécheresse, des tempêtes fréquentes et violentes, des inondations et des épisodes de chaleur extrême (SCARASCIA-MUGNOZZA *et al.*, 2000). Alors que les communautés végétales

méditerranéennes se sont adaptées pour survivre à de longues et chaudes sécheresses estivales et à des périodes hivernales prolongées, les changements actuels compromettent l'adaptabilité des forêts et augmentent leur vulnérabilité aux pressions et aux risques en l'absence de gestion adaptative. La combinaison du changement climatique, des perturbations anthropiques (surexploitation des ressources forestières, incendies d'origine humaine et déforestation) et d'autres aspects des changements globaux (notamment l'utilisation des sols et la pollution) aura un effet sur la végétation forestière méditerranéenne (**PEÑUELAS et al., 2010**). Les impacts devraient affecter la structure et le fonctionnement des écosystèmes forestiers méditerranéens, ainsi que les services qu'ils fournissent actuellement.

### *Modification du régime des feux de forêts*

Les écosystèmes méditerranéens, ayant évolué dans un contexte de perturbations de l'environnement et de siècles d'influences humaines, subissent actuellement des mutations en raison d'importantes migrations rurales et de l'abandon des terres. Les terres les plus productives sont utilisées de manière intensive, tandis que les zones moins productives sont abandonnées ou sujettes à une utilisation moins intensive et au boisement. Les régimes de feux résultent des interactions entre le climat, la topographie, les micro-environnements locaux à des échelles spatiales et temporelles plus petites, ainsi que des modifications de l'utilisation et de la couverture des sols. Les déplacements démographiques des zones rurales vers les zones urbaines peuvent favoriser l'accumulation de combustible et, par conséquent, provoquer de grands incendies. À l'inverse, une diminution de la population réduit la probabilité d'incendies d'origine humaine (**MOREIRA et al., 2011**). Selon cette hypothèse, des incendies moins fréquents mais plus intenses et plus étendus sont attendus. Ainsi le rôle principal des feux en Méditerranée, à la fois comme modificateurs à long terme du paysage et comme mécanisme permettant de maintenir les classes de couverture terrestre dans les écosystèmes sujets aux incendies, serait modifié. Les effets peuvent varier d'une région à l'autre en raison de différences dans les modes de régénération entre les principaux types de couverture terrestre, de différences dans les contraintes topographiques et de différences dans les antécédents de feux locaux (**VIEDMA, 2008**).

Des études récentes sur les incendies de forêt dans le bassin méditerranéen ont toutefois mis en évidence un changement dans la fréquence et l'ampleur des incendies, un allongement de la durée de la saison des incendies (**KOUTSIAS et al., 2015**) et les signes d'un lien entre l'augmentation de l'activité des incendies et le changement climatique (**MOREIRA et al., 2011 ; PAUSAS et FERNANDEZ-MUÑOZ, 2012 ; BEDIA et al., 2014**).

### *Invasions biologiques*

Les forêts périurbaines sont particulièrement vulnérables à l'invasion par des plantes exotiques en raison de leur présence dans des paysages caractérisés par des niveaux élevés de perturbation humaine et de pression de propagules (**CLOTET et al., 2016**). Le rôle que l'activité humaine joue dans la facilitation de l'invasion de plantes étrangères dans les habitats périurbains est bien compris (**GONZALEZ-MORENO et al., 2013**). Des études récentes menées dans la région de Barcelone montrent que les espèces dispersées par les vertébrés et

introduites principalement par l'horticulture sont particulièrement abondantes dans les forêts périurbaines (même si ces espèces ne sont pas dominantes dans le groupe d'espèces envahissantes). Des études antérieures ont établi que la dispersion par les vertébrés est un mécanisme efficace de colonisation et de propagation des plantes envahissantes, mais les estimations de l'importance de ce processus de dispersion varient (**BUCKLEY et al., 2006**). Des résultats récents indiquent l'existence de filtres écologiques favorisant la colonisation, l'établissement et la propagation dans les forêts de ces espèces dispersées par les vertébrés, mais la nature de ces filtres reste largement inconnue (**BASNOU et al., 2016**).

## **1.6. Principaux types de forêts**

### **1.6.1. Les étages de végétation**

Les étages de végétation sont définis sur la base du comportement écologique de diverses essences, ainsi que des caractéristiques structurelles des peuplements.

On trouvera également certaines indications sur les limites entre étages « Eco-grammes des écorégions et étages de végétation ».

Le comportement des principales espèces d'arbres dépend essentiellement du climat et du sol. Ces données peuvent varier à petite échelle : présence d'un couloir d'air froid, propriétés du sol favorables aux résineux devenant propices aux feuillus. Les étages de végétation peuvent par conséquent changer fortement sur un territoire restreint. Les indications d'altitude du modèle sont des moyennes. Localement, les limites entre étages peuvent varier de plusieurs centaines de mètres (**QUEZEL, 1976**).

Les forêts méditerranéennes ont tendance à s'organiser en niveaux altitudinaux ou étages successifs comme l'a montré **SCHMID (1966)** ; ces ceintures s'étendent du niveau de la mer jusqu'à la limite sylvatique supérieure qui s'élève dans le monde méditerranéen méridionale et septentrionale du nord au sud jusqu'à 2 300 m et 2 800 m. Il y a lieu de noter que cette succession reste théorique ce qui a conduit certains auteurs à établir des équivalences entre les diverses classifications. La classification de la zonation altitudinale de **QUEZEL (1976)** reste celle à retenir dans le bassin méditerranéen. D'autres classifications ont été proposées et doivent être connues. La classification de Quézel, comparée avec les autres donne les relations récapitulées dans le tableau 3.

**Tableau 3.** Les étages de végétation de la région méditerranéenne (RIVAZ MARTINAZ, 1975).

Quezel	Ozenda	Gausсен	Tomaselli	Birot	Rivaz Martinaz	m (C°)	T (C°)
Oro-méditerranéen	Alti-méditerranéen	/	/	/	Alti-méditerranéen	-7/-11	Inf 4
Montagnard Méditerranéen	Sub-méditerranéen	Montagnard	Montagnard	Sub-méditerranéen	Montagnard méditerranéen	-3/-7	08/04
Méditerranéen Supérieur	Sub-méditerranéen	Colinéen	Sub-méditerranéen	Méditerranéen Mixte	Oro-Thermo-méditerranéen	0/-3	12/08
Eu-méditerranéen	Méditerranéen supérieur	Méditerranéen	Méditerranéen Sublittoral	Sub-méditerranéen	Meso-Thermo-méditerranéen	0/+3	16/12
Méditerranéen Inférieur	Méditerranéen inférieur	Thermo-méditerranéen	Méditerranéen littoral	Sub-méditerranéen	Thermo-méditerranéen	+3/+10	Sup 16

Les principaux étages de végétation identifiés correspondent aux étages bioclimatiques au sens d'EMBERGER (1939) et se résument comme suit (tableau 4):

**Tableau 4.** Correspondance des principaux étages de végétation et des étages bioclimatiques (EMBERGER, 1939 ; QUEZEL et BARBERO, 1990).

Etage de végétation	Etage bioclimatique	Type de forêt
Méditerranéen inférieur ou Thermo-méditerranéen	Semi-aride chaud et tempéré	Conifères thermophiles Formations <i>oléolentisque</i> et <i>Ceratonia siliqua</i> . Formations à <i>Pistacia atlantica</i> . Formations à <i>Tetraclinis articulata</i> . Formations à <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>Cupressus sempervirens</i> et <i>C. atlantica</i> . Formations à <i>Argania spinosa</i> , <i>Acacia gummifera</i> , a <i>Euphorbes cactoides</i> .
Eu-méditerranéen ou Méso-méditerranéen	Subhumide	Chênes sclérophylles Formations à <i>Quercus castanifolia</i> , <i>Q. calliprinos</i> , <i>Cedrus brevifolia</i> . Pratiquement toutes les structures méso-méditerranéennes à chênes caducifoliés ( <i>Q. pubescens</i> , <i>Q. faegylops</i> , <i>Q. canariensis</i> , <i>Q. infectoria</i> , etc.)
Méditerranéen supérieur ou Supra-méditerranéen	Humide frais et tempéré	Chênaies caducifoliées Formations caducifoliées à <i>Q. pubescens</i> , <i>Q. cerris</i> , <i>Q. frainetto</i> , <i>Q. canariensis</i> , <i>Q. infectoria</i> , <i>Q. faegylops</i> , etc. Formations supra-méditerranéennes à <i>Abies alba</i> , <i>A. cephalonica</i> .
Med. Montagnard	Humide froid	<i>Conifères</i> Formations à <i>Cedrus atlantica</i> . Formations à <i>Cedrus libani</i> . Formations à <i>Abies maroccana</i> , <i>A. numidica</i> , <i>A. nebrodensis</i> , <i>A. cilicica</i> , <i>A. nordmanniana (sensu lato)</i> . Formations à <i>Pinus nigra</i> (subsp. <i>mauritanica</i> , <i>laricio</i> , <i>pallasiana</i> ). Formations méditerranéennes à <i>Pinus sylvestris</i> , <i>P. uncinata</i> .

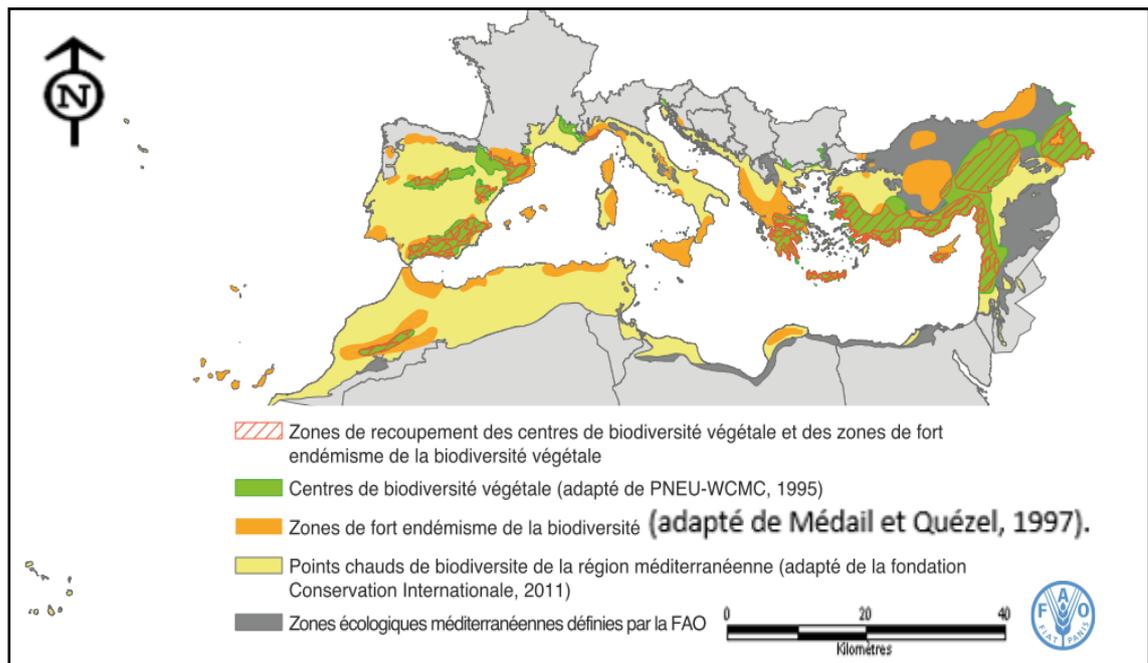
Cette succession est idéale et permet de délimiter rapidement les étages de végétation et les aires bioclimatiques, elle est simplifiée et impose quelques observations. Elle est perturbée soit par les facteurs climatiques et essentiellement les précipitations dans l'importance varie selon la localisation géographique soit par l'action de l'homme. Cette zonation altitudinale des

écosystèmes forestiers répond à des critères écologiques et surtout des critères thermiques (RIVAZ MARTINAZ, 1975).

### **1.6.2. Points chauds de biodiversité et importance des zones refuges méditerranéennes**

Estimée à 25 000 espèces ou 30 000 espèces et sous-espèces, la richesse floristique de la région méditerranéenne équivaut à environ 10 % des végétaux supérieurs du globe présent sur seulement 1,6 % de la surface terrestre (MEDAIL & QUEZEL, 1997). Deux pôles principaux de diversité végétale existent, l'un occidental qui comprend la péninsule-ibérique et le Maroc, et l'autre oriental avec la Turquie et la Grèce. Dans le but d'identifier les secteurs de plus forte biodiversité et les plus menacés du globe, les biologistes de la conservation ont défini des « points-chauds » (hotspots) de biodiversité, zones de haute priorité de conservation (MYERS *et al.*, 2000). Ces hotspots abritent une richesse élevée en espèces et en endémiques, et ils ont subi d'importantes pertes d'habitats naturels causées par d'intenses impacts anthropiques. Sur cette base, 10 points chauds (hotspots) régionaux de biodiversité méditerranéenne ont été identifiés (MEDAIL et QUEZEL, 1997 ; 2003), mais à la lueur de récents bilans floristiques, il conviendrait probablement d'en ajouter deux autres (littoral et îles de la Croatie et la Kabylie en Algérie). Ces hotspots péri-méditerranéens abritent environ 5500 végétaux endémiques, soit 44 % de la richesse floristique méditerranéenne sur 22 % des terres (515 000 km<sup>2</sup>) (FAO, 2013).

Cette biodiversité unique se concentre notamment dans les zones refuges, territoires où des populations végétales ou animales ont pu persister durant les épisodes glaciaires-interglaciaires du Pléistocène. Les fortes hétérogénéités topographiques et climatiques de la région méditerranéenne ont aussi permis à bon nombre d'espèces de trouver un habitat favorable lors des changements climatiques (HEWITT, 1999). Les travaux récents montrent l'importance de ces zones refuges pour expliquer l'organisation et l'originalité de la biodiversité méditerranéenne actuelle (PETIT *et al.*, 2003).



**Figure 3.** Points chauds de la biodiversité et endémisme dans la région méditerranéenne (HEYWOOH et HAMILTON, 2011 *in* FAO, 2013 ; modifié).

Les refuges passifs n'ont pas été à l'origine de migrations d'espèces, et abritent des végétaux reliques d'origine tertiaire tels que les diverses Gesneriaceae endémiques des Balkans ou des Pyrénées orientales. Ces refuges se localisent principalement sur les îles et dans certains secteurs favorables sur le plan topographique (gorges, vallons côtiers) ou climatique, où existe une importante humidité atmosphérique locale comme sur la façade maritime d'Andalousie occidentale (JURADO-DONA, 2002). Au contraire, les refuges actifs quaternaires se caractérisent par une grande richesse en arbres caducifoliés et en herbacées tempérés ou thermophiles, et ils ont joué un rôle déterminant dans la dynamique de reforestation initiée vers 13 000 A.P (Avant présent).

Les régions méridionales épargnées par le front glaciaire, en particulier les grandes péninsules Ibérie, Italie, Balkans) ont joué un double rôle de refuges actifs et passifs (MEDAIL & DIADEMA, 2006).

Le climat plus favorable et la présence de refuges expliquent la plus grande richesse en espèces ligneuses méditerranéennes (290 taxons) par rapport à celles de l'Europe tempérée (135 taxons) (QUEZEL et MEDAIL, 2003). En effet, les extinctions de ligneux européens ont été principalement déterminées par les péjorations climatiques du Pliocène et Pléistocène (SVENNING, 2003). Les implications évolutives sont aussi notables, puisqu'en situation de refuge, les populations végétales ont pu survivre durant plusieurs cycles de glaciations, migrer et se subdiviser durant les périodes glaciaires, mais se réunir et s'hybrider pendant les interglaciaires (HEWITT, 1999 ; TZEDAKIS et al., 2002). Ces phénomènes ont provoqué des divergences ou des mélanges de génomes qui ont donné naissance à de nouveaux taxons

endémiques récents, souvent vicariants (exemple des genres : *Campanula*, *Gentiana*, *Moehringia*, *Saxifraga*). Tous ces processus rendent compte de l'exceptionnelle diversité spécifique et de l'originalité génétique de la flore méditerranéenne (MEDAIL, 2005), notamment dans les points chauds (*hotspots*) péri-méditerranéens de biodiversité.

### **1.6.3. L'anthropisation au sud et à l'est de la Méditerranée**

Au Sud et à l'Est de la Méditerranée (tableau 5), les écosystèmes sont toujours intensivement utilisés par l'homme. En raison de l'importante croissance démographique, on assiste à une accélération au cours des trois dernières décennies de l'utilisation des ressources naturelles qui dépasse souvent leurs capacités de renouvellement. Coupes illicites, défrichements des forêts, pâturages intensifs, exploitations abusives des matorrals et des steppes, ont pour conséquences une destruction rapide du capital biologique et des dysfonctionnements écologiques très graves, surtout depuis une cinquantaine d'années en Afrique du Nord (BARBERO *et al.*, 1990 ; QUEZEL, 2000 ; VILAIN-CARLOTTI *et DALAGE*, 2013). En Tunisie par exemple, les filières clandestines de production de charbon de bois assurent plus de 70 % de l'approvisionnement du pays (AUCLAIR & SAÏDI, 2002). Ainsi, plus de la moitié des forêts nord-africaines a été détruite ou profondément déstabilisée en quelques décennies (QUEZEL, 2000 ; VILAIN-CARLOTTI *et DA-LAGE*, 2013). Steppe et matorrals ont été transformés en pelouses à annuelles souvent rudérales et envahies par les espèces épineuses ou toxiques. Les arbres encore en place correspondent donc à de véritables « fossiles vivants » appelés à disparaître au cours des prochaines décennies. C'est le cas pour bon nombre de cédraies du Haut-Atlas ou des Aurès, des arganeraies du Maroc sud-occidental (Souss), des boisements de thuya de Berbérie au Maroc oriental, des pinèdes des Atlas Tellien ou des chênaies et suberaies du Rif (QUEZEL & MEDAIL, 2003). En Méditerranée orientale, la croissance démographique occasionne aussi de profonds bouleversements écologiques. En Turquie par exemple, sur les 20,7 millions d'hectares de forêts, la moitié est très dégradée en raison d'exploitations excessives (KAYA & RAYNAL, 2001).

Les régions de montagnes sont particulièrement touchées par les déboisements, mais aussi une grande partie des zones semi-arides et arides. De tels impacts anthropozoogènes ont des conséquences désastreuses sur les cycles hydro-biologiques et pédologiques, et les perturbations-catastrophes (inondations, glissements de terrain) se multiplient. Comme les capacités de résilience sont extrêmement lentes et difficiles, on peut parler dans ce cas de véritables états de dégradation des écosystèmes. Il est d'ailleurs possible de distinguer des niveaux croissants de dégradation : phénomènes de « matorralisation », « dématorralisation », « steppisation » et « thérophytisation » (BARBERO *et al.*, 1990).

**Tableau 5.** Les niveaux de dégradation (BARBERO et al., 1990).

Types	Processus écologique caractéristiques	Localisation
Matorralisation sous bioclimats sub-humide et humide	Envahissement global des structures forestières par des sclérophylles ou des conifères ( <i>Pinus</i> , <i>Cedrus</i> ) liés aux ourlets et manteaux preforestiers et qui résistent bien aux stress et perturbations ; mise en place d'écosystèmes pré-forêtiers	-Afrique du nord -Moyen orient -Sud Espagne
Matorralisation sous bioclimats Semi-aride et aride	Dégradation des forêts pré-steppiques et modification de la flore des matorrals primaires ; installation de divers types de matorrals (ephedroïde à feuilles duveteuses épineux à xérophytes en coussinets)	-Afrique du nord -Moyen orient
Dématorralisation des ensembles pré-forestiers	Processus de remplacement des matorrals primaires par des matorrals secondaires de types chamaephytes bas ( <i>Lavandula</i> , <i>Thymus</i> , <i>Rosmarinus</i> , <i>Spinosum</i> ..)	-Afrique du nord -Méditerranée orientale
Steppisation	Installation en bioclimat semi-aride de structure steppiques, formation dominés par hemicryptophytes ou des chaméphytes bas à recouvrement non jointif, à cortège floristique peu diversifié, ou une espèce est très largement dominante	-Afrique du nord -Proche orient -Anatolie centrale
Thérophytisation	Envahissement généralisé des écosystèmes par des espèces annuelles souvent rudérales et toxiques, sous l'effet de l'érosion des sols, du dessouchement des chamaephytes et hemicryptophytes et du surpâturage, accentuée des ensembles forestiers et pré-forestiers initiaux	-Afrique du nord -Proche orient -Anatolie Semi-aride

## 2. La végétation forestière en Algérie

### 2.1. Présentation du territoire

Le territoire algérien couvre une superficie de 238 174 100 hectares, dont 8 millions d'hectares de surface agricole utile. Les géographes ont coutume de diviser le pays en trois grandes régions. La région tellienne, qui est une bande côtière délimitée au sud par la chaîne de l'Atlas tellien, correspond à la portion située sur les isohyètes 1 supérieurs ou égaux à 400 mm. Elle est généralement subdivisée en deux zones (DGF, 2017) :

- La zone littorale, subissant directement l'influence de la mer Méditerranée, est utilisée par l'agriculture pour des cultures maraîchères, mais constitue aussi une réserve pour l'urbanisation ;
- La zone sub-littorale, au climat plus continental, est la zone agricole par excellence, présentant une diversité de cultures et d'élevages. La région des hautes plaines est comprise entre la chaîne de l'Atlas tellien au nord, et celle de l'Atlas saharien au sud. Elle se situe entre les isohyètes 100 et 400 mm et s'étend sur une superficie de 20 millions d'hectares environ, soit 8,4% du territoire. Elle compte 7 millions d'habitants dont 2,5 à 3 millions

vivraient du pastoralisme. Elle est à la fois la région des cultures céréalières et des parcours, et occupe tout ou partie des 11 wilayas.

On peut également la diviser en deux zones :

- La zone des Hauts-Plateaux, domaine de la céréaliculture et de l'élevage. Elle couvre environ 5 millions d'hectares ;
- La zone steppique, domaine de l'élevage ovin par excellence. Elle couvre environ 15 millions d'hectares, soit 6,3% du territoire national. La région désertique ou Sahara, au sud de la chaîne de l'Atlas saharien, est constituée de sols squelettiques (regs et hamadas) ainsi que du grand erg occidental et oriental. La pluviométrie ici ne dépasse guère les 100 mm et la superficie est de 200 millions d'hectares, ce qui représente 84% du territoire national. Au sud de l'Atlas Tellien, les hauts plateaux sont des zones de steppe d'altitude comprises entre 700 et 1000 mètres.

## **2.2. Espaces forestiers**

Sur le plan des espaces forestiers, l'Algérie, plus particulièrement sa partie Nord, est divisée en six régions forestières relativement homogènes, qui sont définies en fonction de l'étage bioclimatique, de la nature des sols et de l'altitude. Cette division est issue de l'adaptation par **BOUDY (1955)** de la carte géographique du Dr. **MAIRE (1952)**. Le type de peuplement forestier rencontré varie en fonction de la localisation géographique des forêts. En effet, dans les forêts du Nord, la végétation est constituée principalement de : *Quercus suber*, *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, *Quercus afares*. On rencontre également des pinèdes (*Pinus halepensis*, *Pinus pinea*), des maquis (*Genista sp*, *cistus sp*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, etc.), des garrigues (*Quercus coccifera*, *Rosmarinus sp*, *Chamaerops humilis*) et enfin des plantations fruitières ou fourragères d'*Olea europaea* et de *Caratonia siliqua* sur les piémonts des montagnes. Dans la zone des hauts plateaux, le couvert végétal est constitué d'une végétation de type arboré avec le *Pistacia atlantica*, le *Juniperus* et le *Stipa tenacissima*. Au niveau de la région saharienne, quasidésertique, il ne subsiste plus dans les vallées desséchées des oueds et quelques étendues au Nord-Ouest, que des forêts reliques constituées de l'*Acacia*, du *Tamarix*, du Cyprès de Tassili et de l'olivier saharien.

## **2.3. Présentation de la forêt algérienne**

La forêt algérienne est de type méditerranéen. Elle couvrait, il y a deux siècles, près de 5 millions d'hectares. Le patrimoine forestier actuel couvre une superficie de 4 149 400 ha, dont deux millions sont constitués de forêts dégradées (maquis et garrigues). Elle se compose de 4 formations végétales comme le montre la figure 4. La forêt algérienne se caractérise par sa distribution inégale, selon la variation des conditions bioclimatiques des différentes régions. Elle se caractérise aussi par un état de dégradation avancé résultant des effets conjugués des incendies, du défrichement et des pacages ainsi que d'attaques parasitaires. En terme de statut juridique, la forêt algérienne est essentiellement domaniale, avec 82 % de la superficie forestière totale, 6% communal, 9% autogéré et 3% privée. Dans ce contexte, la politique

forestière de l'État est donc d'autant plus importante qu'elle concerne la quasi-totalité de la forêt du pays (DGF, 2017).

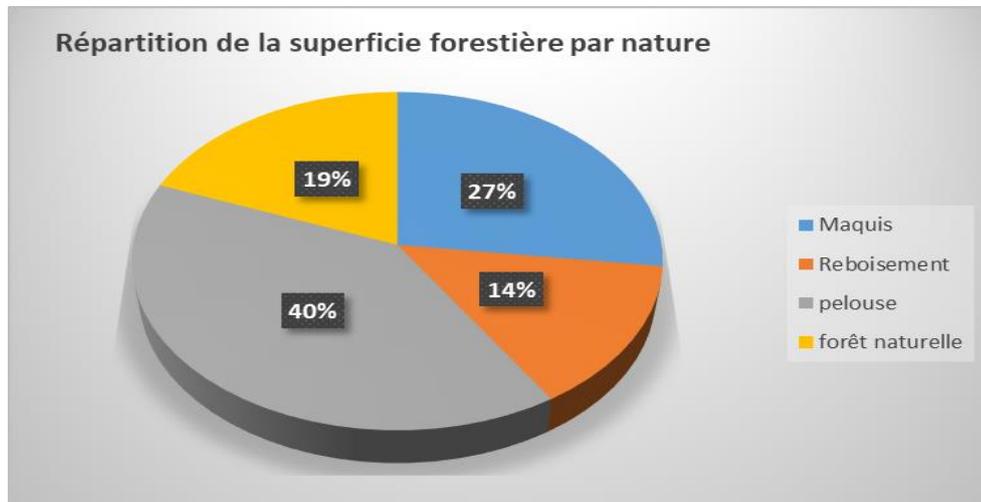


Figure 4. Répartition de la superficie forestière par nature juridique (DGF, 2017).

## 2.4. Les causes de dégradation

De 1830 à 1955, la forêt algérienne a perdu 1 815 000 ha, et de 1955 à 1997, près de 1 215 000 ha. Cette perte est le résultat, en partie, de la fragilité de la forêt algérienne soumise à toutes formes de dégradation. Outre sa fragilité, un ensemble de facteurs contribue à la dégradation. En effet, en Algérie, les zones forestières intactes sont très rares ; les défrichements, les incendies répétés et le surpâturage sont les principaux facteurs de dégradation et de déforestation. Si les défrichements se pratiquent depuis l'époque romaine, ils se sont accélérés durant la colonisation et continuent de se pratiquer de nos jours. De 1893 à 1941, le domaine forestier a perdu 116 000 ha de forêts au profit de l'extension des cultures coloniales (R.N.E., 2000). L'extension de l'agriculture coloniale sur les plaines et les bas de versants a entraîné le refoulement de la paysannerie pauvre sur les piémonts aux abords des forêts.

De nos jours, les populations montagnardes, privées de surface agricole, continuent à procéder au labour dans les différents secteurs de la forêt : lisières, clairières, sommets... Pour ce qui est du pâturage en forêt, c'est une activité coutumière, parfois encouragée par l'administration forestière, car le bétail participe au contrôle de la prolifération des strates arbustives et herbacées, hautement inflammables. Cependant, le surpâturage fréquent, causant un broutage excessif de la végétation, notamment des jeunes plants forestiers, empêche toute régénération, épuise les ressources disponibles, dégrade les parcours et les soumet à l'érosion. A l'échelle des massifs forestiers, la taille et le nombre de troupeaux sont souvent difficiles à estimer. L'élevage bovin reste le plus pratiqué dans les zones montagneuses.

En 1997, on signale que sur 1 200 000 têtes de bovin, 80% se retrouvent dans les zones forestières montagneuses (GHAZI et LAHOUATI, 1997). Il est cependant à signaler que les besoins du cheptel sont nettement plus élevés que les ressources fourragères offertes par les

parcours forestiers. Enfin, il faut savoir que les montagnes du nord de l'Algérie sont couvertes par des forêts de type méditerranéen, caractérisées par une adaptation millénaire aux incendies favorisés par un matériel inflammable et fortement pyrophile (résineux, sous-bois très dense...). Les incendies de forêt se sont multipliés et leurs causes peuvent être naturelles ou accidentelles : foudre, chaleur et sécheresse atmosphérique excessive, incinération de broussailles, feux de camping.

De tous les facteurs de dégradation, les incendies sont les plus dévastateurs. Entre 1860 et 1915, 1 827 000 ha, soit au moins les 2/3 du domaine forestier de l'Algérie, ont brûlé, 4 à 5 % des superficies forestières ont ainsi été totalement détruites (**DGF, 2017**). Les statistiques de la Direction Générale des forêts (**DGF, 2017**) montrent qu'entre 1985 et 2000, ce ne sont pas moins de 655 630 ha de forêts, maquis et broussailles ont été incendiés. L'année 1994 a été celle où les incendies ont causé le plus de dégâts avec 271 246 ha dont 113 850 ha (743 foyers) sont d'origines volontaires.

## **2.5. Généralités sur les principales plantes ligneuses de l'oranie**

La flore nord africaine est très proche de celle du domaine méditerranéen d'Europe avec cependant un caractère nettement xérothermique. **BOUDY (1948)** notait: " En Algérie et Tunisie on compte 3.000 espèces végétales dont 1900 se retrouvent en Espagne, 1600 en Italie, 1500 en France, avec 700 endémiques...En Afrique du Nord on compte 270 espèces ligneuses dont 68 essences forestières: 17 principales ou sociales et 51 subordonnées. Les essences principales sont des arbres de première grandeur constituant des peuplements soit purs soit en mélange."

Les principales plantes ligneuses de l'Oranie répertoriées sont classées selon d'abord un aspect botanique puis physiologique ce qui a permis d'identifier des groupements climatiques. Les formations actuelles ne peuvent que représenter les grandes lignes, cependant même modifiées et perturbées, elles gardent un aspect indicateur important pour la reconstitution de la végétation.

Les travaux de **MAIRE (1925)** repris par **PEYERHMOFF (1941)** et **KADIK (1987)** ont montré que la surface primitive s'élève à 7.318.000 ha contre seulement 2.910.000 ha. **BOUDY (1955)** montre que la superficie forestière en Algérie est de 3.800.000 ha.

Les forestiers algériens publient en 1966 que l'étendue forestière (forêts + maquis) est de 3.013.00 ha, cependant en 1985 **QUEZEL** donne un chiffre de 3.000.000 ha .

On peut estimer, grossièrement, que les principales essences se répartissent comme suit (**KADIK, 1987**) :

La surface forestière productive est faible, elle représente 17% de la superficie totale des forêts, 21% sont susceptibles d'être améliorés et 62% sont des forêts dégradées.

Le processus de dégradation s'accélère de plus en plus, ce qui fera disparaître nos belles forêts (tableau 6) :

**Tableau 6.** Répartition générale des terres en Algérie Septentrionale (KADIK, 1987).

<b>Essences</b>	<b>Superficie en (Ha)</b>	<b>Superficie en (%)</b>
<i>Pinus halepensis</i>	792.000	34.8
<i>Quercus suber</i>	463.000	20.4
<i>Quercus ilex</i>	354.000	15.6
<i>Juniperus (oxycedrus et phenicea)</i>	227.000	10
<i>Tetraclinis articulata</i>	191.000	08.40
<i>Quercus faginea</i> et <i>Q. afaras</i>	65.000	02.90
<i>Cedrus atlantica</i>	23.000	01.00
<i>Pinus pinea</i>	12.000	00.50
Divers	143.000	06.40
<b>Total foret et matorral</b>	<b>2.270.000</b>	<b>100</b>
Maquis	780.000	-
<b>Total forêt et maquis</b>	<b>3.050.000</b>	<b>-</b>
Broussailles	1.940.000	-
<i>Stipa tenacissima</i>	3.037.000	-

## **Chapitre II**

### **Présentation de la zone d'étude**

## **II. Présentation de la zone d'étude**

### **1. Présentation des monts de Saïda**

La division naturelle physique en Algérie se caractérise par quatre aspects : le Tell, les hauts plateaux, l'Atlas Saharien et le Sahara.

**THINTOIN (1948)** a classé les monts de Saïda dans la cinquième partie « L'Atlas tabulaire » : Elle comprend trois groupes de monts : les monts de Saïda, les monts de Dhaya et les monts de Tlemcen. L'altitude est comprise entre 1000 et 1500 mètres, les points culminants sont Sidi Youcef (monts de Saïda) avec 1339 m, djebel Bougib (Tlemcen) avec 1468 m, djebel Tenouchfi (Tlemcen) avec 1843 m. Comme l'Atlas plissé, il constitue une barrière entre les hautes plaines steppiques et les hautes plaines telliennes ; il est également entrecoupé de brèches qu'utilisent les rares oueds de Saïda et Taourira à l'Est (monts de Saïda), la Mékerra pour les monts de Dhaya (Sidi Bel Abbès) et l'oued Tafna pour les monts de Tlemcen.

D'après le M.N.T, les monts de Saïda appartiennent administrativement à la wilaya de Saïda (70%) et la Wilaya de Mascara (30%) sont situés selon la projection longitude/latitude de type (WGS84) entre : (35°.16'45''nord), (34°.77'88''Sud), (0°52'39'' Est) et (- 0°10'63'' Ouest). Coupée par une chaîne qui apparaît à partir de 580 m et qui culmine à certains points à plus de 1300 m, ces monts s'étendent sur une superficie de 200000 ha englobant 15 communes.

D'une disposition générale Sud-Ouest et Nord-Est, les monts de Saïda sont limités à l'Ouest par les monts de Dhaya, à l'Est par les monts de Tiaret, au Nord par la plaine de Mascara et au Sud par la steppe.

Géo-morphologiquement les monts de Saïda sont formés à partir d'une succession de montagnes orientés sud-ouest nord-est, peu accentués et aux dénivellations peu importantes conférant à l'ensemble orographique une allure tabulaire ondulée.

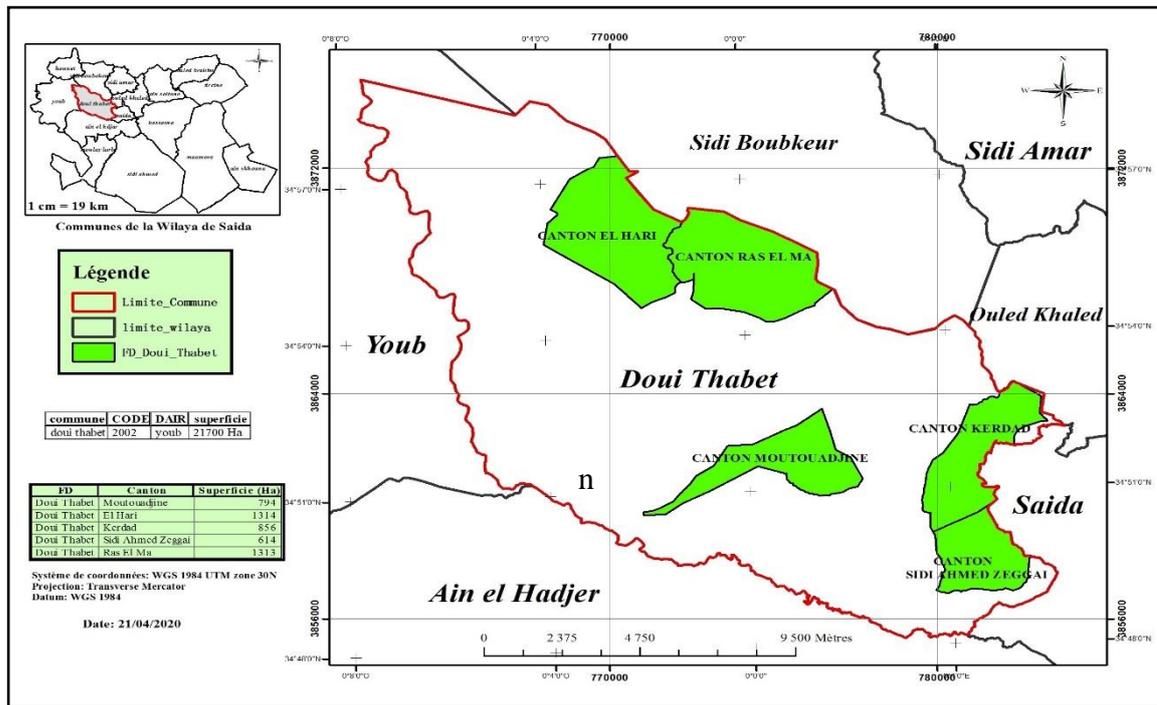
Les altitudes sont élevées (1000 m en moyenne) et déclinent progressivement des sommets à la base ; les dénivellements sont en moyenne de l'ordre de 300 m et les points les plus élevés ou culminants de l'ordre de 1339 m. Au sud de ces plateaux ondulés se trouve une zone de contact avec les hautes plaines steppiques. C'est la plaine des Maalifs (ou plaine de Hassasna- Moulay Larbi) se situant à des altitudes très peu variables d'une moyenne de 1100 m (**CARTE D'ETAT-MAJOR, TYPE 1962**).

## 2. Forêt domaniale de Doui Thabet

### 2.1. Situation géographique et délimitation écologique

La forêt domaniale de Doui Thabet est Située au Nord-Ouest de la ville de Saida, à 3 km du chef-lieu de la wilaya, selon le plan cadastral, elle est constituée de trois blocs indépendants à cause de la présence des terres agricoles privées et des agglomérations entre ces blocs forestiers. Le premier bloc est limité au Nord par la forêt domaniale de Taffrent (12228 ha), au Sud, à l'Est et à l'Ouest par des terrains agricoles privés. Le deuxième bloc est complètement entouré par des terrains agricoles privés et le troisième bloc est limité au Nord et à l'Est par la forêt domaniale de Taffrent, au Sud par l'agglomération, chef-lieu de la commune de Doui Thabet, d'Ain Baida et par des terrains agricoles privés et à l'Ouest par des terrains agricoles privés.

La zone d'étude est située selon la projection longitude/latitude de type (WGS84) entre : (34°96'74'' nord), (34°80'68'' Sud), (0°14'94.99'' degrés Est) et (- 0°11''20.23'' Ouest). Elle a été divisé en cinq cantons et chaque canton renferme des groupes de parcelles, qui se présentent comme suit (**Plan juridique, 2018**) (figure 5) :



**Figure 5.** Carte de la situation géographique et administrative de la forêt domaniale de Doui Thabet.

## 2.2. Caractéristiques du milieu physique

Les études qualitatives et quantitatives de la végétation nécessitent de connaître les caractéristiques écologiques stationnaires notamment : l'orographie, le sol, le climat et les activités socio-économiques de la zone d'étude.

### 2.2.1. Orographie

A partir d'une image Radar on a élaboré un modèle numérique de terrain (M.N.T). Celle-ci donne une vue synoptique du terrain et renseigne sur sa géomorphologie et qui permet l'extraction des différentes cartes orographiques notamment : la vue en 3D, la carte des expositions, la carte des pentes, la carte hypsométrique et le profil topographique à l'aide des logiciels de la cartographie (Mapinfo 7.8 et Vertical mapper 2.4).

### 2.2.2 Géomorphologie

Le terrain de la forêt domaniale de Doui Thabet est formé de reliefs très accidentés et garnis par un tapis végétal plus au moins dense qui les protège. Ils (reliefs) sont caractérisés par une érosion plus ou moins intense à l'exception de quelques zones où la roche-mère affleure avec des pentes de plus de 20% .

Le relief de la forêt domaniale de Doui Thabet est montagneux ; comprenant les parties de crêtes et des sommets rocheux, divisés par des ravins et des abimes profonds.

### 2.2.3. Altitude

Selon la carte hypsométrique, la forêt de Doui Thabet présente un relief hétérogène, essentiellement rocheux, la superficie totale de la zone est d'environ 5624 ha, son altitude est comprise entre 580 m et 1203 m avec une altitude moyenne de 950 m (figure 6).

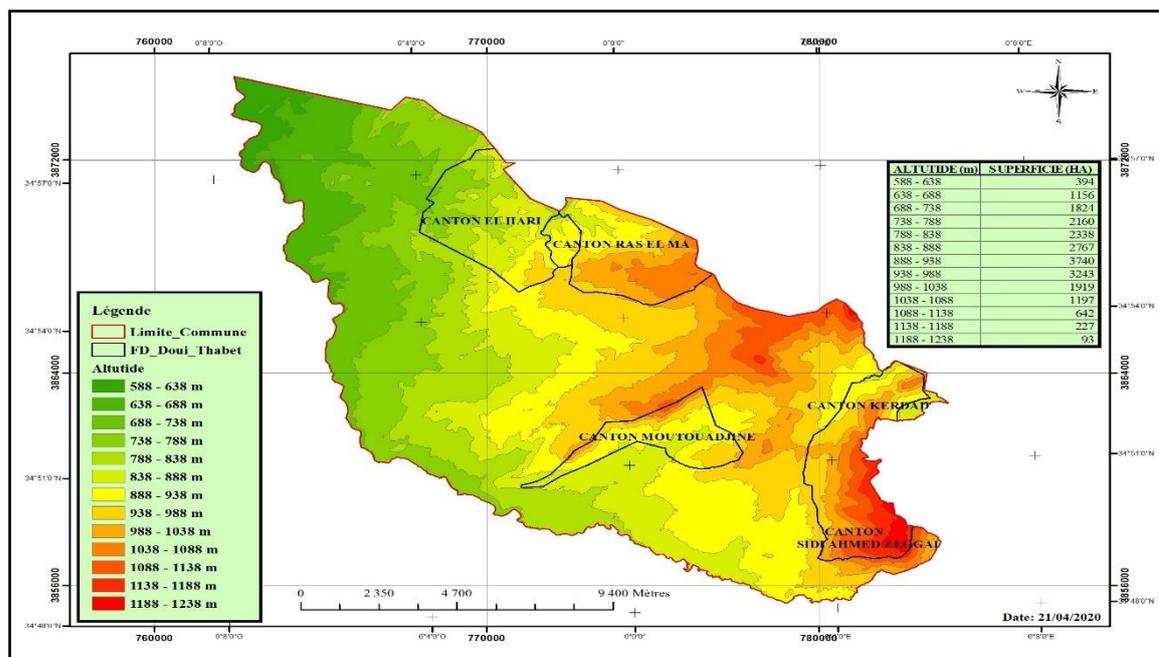


Figure 6. Carte hypsométrique de la zone d'étude.

### 2.2.4. Pente

La carte des pentes permet de dégager six classes de pentes renseignant sur la déclivité de la zone. On distingue : la zone de montagne, la zone de piémonts et la zone de plaine.

Nous avons choisi l'intervalle des classes de 3 % (méthode française), donc on a :

1. Classe 1 : 0 % - 3 % ;
2. Classe 2 : 3 % - 6 % ;
3. Classe 3 : 6 % - 12 % ;
4. Classe 4 : 12 % - 25 % ;
5. Classe 5 : > 25 %.

Plus de 40% de la région est dominée par des pentes faibles (0 % - 3 %) qui caractérise l'ensemble des fonds de vallées (terrains situés sur les plaines, les zones d'épandages des oueds) et de bas piémonts. 25% de la superficie a des pentes moyennes (3 % - 15 %) et caractérise les terrains de bas piedmonts de collines (djebels et zones accidentées). L'espace restant (25%) a des pentes raide (> 25 %), en particulier vers l'Est, qui provoque l'érosion des sols caractérisant les hauts piémonts et les sommets des massifs montagneux (figure 7).

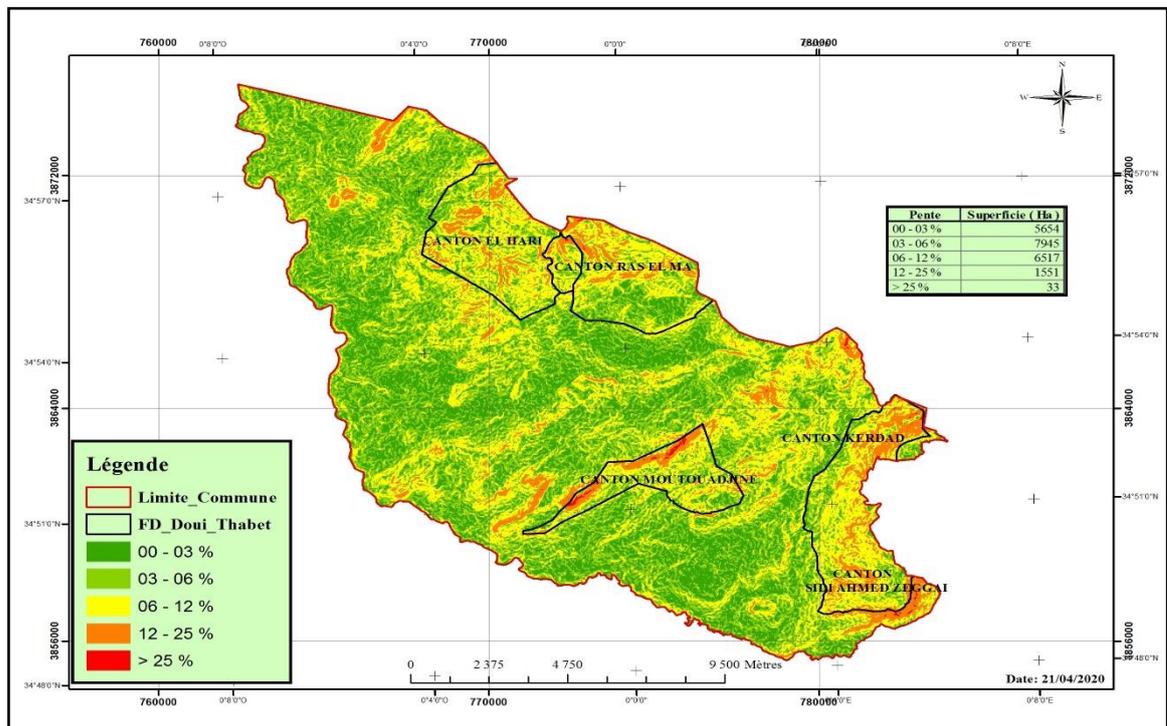


Figure 7. Carte des pentes de la zone d'étude.

### **2.2.5. Exposition**

Joue un rôle important dans la quantité des précipitations, l'ensoleillement, l'humidité et donc la distribution des plantes et par conséquent leur comportement.

Généralement, la zone d'étude est orientée sur toutes les directions et les sous directions. L'exposition Est et Sud reçoivent une quantité importante d'ensoleillement. Tandis que la partie orientée vers le Nord reçoit une quantité importante d'humidité. Ces deux facteurs sont parmi les paramètres pouvant expliquer le type de végétation et l'utilisation des sols de la zone d'étude.

### **2.3. Caractéristiques édaphiques**

Les types de sols d'Algérie sont variés. Les travaux réalisés par **DURAN et al. (1954); POUGET (1980); HALITIM (1988)** ont permis de déterminer les différents types de sols, leurs caractéristiques essentielles et de situer leur importance dans la zone algérienne méditerranéenne.

Les principales unités pédologiques et lithologiques caractérisant les sols de la forêt domaniale de Doui Thabet sont (**BNEDER, 1992 ; 2011**) :

- ✓ **Lithosol** : Sont assez étendus et se retrouvent sur presque tous les versants dénudés. Ils sont peu épais (moins de 20 cm généralement) et très morcelés.
- ✓ **Les sols bruns rouges** : Parmi ces sols on distingue les sols brun rouges à horizon humifère. Les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère. Ce type du sol occupe les collines.

Formés sur le calcaire ou la dolomie. Ils sont fersialitiques riches en fer et silice. Il s'agit de sols anciens dont l'évolution s'est accomplie sous forêt caducifoliée en condition plus fraîche et plus humide. Leur rubéfaction correspond à une phase plus chaude à végétation sclérophylle et a donné des sols rouges fersialitiques ou "Terra rossa".

- ✓ **Les sols bruns** : Parmi ces sols, on distingue les sols bruns calcaires. ce type de sol occupe les hauts versants.

Les sols de la région d'étude sont moyennement à peu profonds (30 à 50 cm et 50 à 80 cm). Une partie édifiante des sols très profonds (80 à 120 cm) se trouvent dans les dépressions du réseau hydrographique et qui sont occupées par des cultures. Les roches mères prédominantes sont sédimentaires représentées par des grés calcaires et des calcaires sableux.

Au niveau des parties de crête, les sols sont peu profonds (0 à 30 cm) et par endroit la roche mère affleure. Ce sont des sols à texture argilo-sableuse à sablo-argileuse (**BNEDER, 1992 ; 2011**).

## **2.4. Caractéristiques géologiques**

Dans leurs travaux, sur la géologie de l'Afrique du Nord **BOUDY (1948)**, **LUCAS, (1952)**, **BENEST et al. (1999)** décrivent les formations géologiques d'âge Jurassique supérieur et au Crétacé inférieurs principalement formés de carbonates. Elles représentent l'affleurement le plus répandu dans les Monts de Saida et qui sont constitués de terrains mésozoïques et cénozoïques.

D'après **LUCAS (1952)** : « Le territoire de la wilaya de Saida est constitué essentiellement de terrains secondaires ; généralement de grès jurassiques et crétacés à dureté variable suivant le degré de consolidation de même que des couches calcaires, marneuses ou dolomitiques. Les dépressions et les vallées sont recouvertes de terrains d'origine continental (fluviales et éoliens) d'âge Tertiaire souvent indifférencié (Mio-Pliocène) et Quaternaire de manière étendue. Une formation plus ou moins épaisse de strate rougeâtre, sablo- argileuse d'âge Tertiaire où un recouvrement de croûte calcaire y est rencontré, de façon variable. Cet encroûtement représente une fossilisation de la surface topographique constituée par des alluvions tertiaires continentales ».

La région est aussi caractérisée par la présence de tufs et travertins calcaires correspondants à d'anciens griffons de source. La succession stratigraphique et lithologique est représentée par des formations allant du Primaire au Quaternaire avec toutefois des lacunes stratigraphiques de même que des variations latérales de faciès et d'épaisseurs (**SATEC, 1976**).

Les formations anciennes sont affectées par une tectonique du type alpine caractérisée par des grands plis, donnant naissance aux Monts de Saïda, et de grandes failles de direction générale Sud-ouest Nord-Est dont les plus importantes limitant la ville de Saida vers le côté Nord-Ouest (failles de Zeboudj) et le côté Sud-Est. Les endroits touchés par la tectonique cassante (faille) constituent des zones à risque. Ainsi toute construction aux environs de ces endroits ne devra se faire que sur la base d'une étude spécialisée sismo-tectonique afin de déterminer l'intensité, d'éventuelle activité de ces failles et par conséquent dégager les mesures qui s'imposent (**SATEC, 1976**).

## **3. Etude climatique**

L'hétérogénéité bioclimatique et le relief jouent un rôle déterminant dans la distribution des différents taxons de végétation. En effet, les données bioclimatiques influent considérablement sur l'individualisation de la végétation et également sur la structure forestière méditerranéenne (**EMBERGER, 1939**).

Le climat de l'Algérie a fait l'objet de nombreuses études, notamment celles de : **SELTZER (1946)**, **BAGNOULS et GAUSSEN, (1953)** ; **EMBERGER, (1955)** ; **STEWART (1985)** ; **BOTTNER (1981)** ; **LE HOUEROU (1995)** et **BENABADJI et al. (1996)**. Tous ces auteurs s'accordent à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat

méditerranéen, caractérisé par une saison sèche et chaude coïncidant avec la saison estivale, et une saison froide et pluvieuse qui coïncide avec la saison hivernale.

Notre étude bioclimatique est basée sur des données qui s'étendent de 1980 à 2020 (40ans), cela nous permettra de comparer les résultats de cette nouvelle période (**S.M.W Saida, 2015 modifié**) avec l'ancienne période de **SELTZER (1946)** qui porte sur 20 ans (1918-1938) (tableau 7).

**Tableau 7.** Données climatiques de la région de Saida de l'ancienne période (1918-1938) (**SELTZER, 1946**) et la nouvelle période (1980-2020) (**S.M.W Saida, 2020, modifié**).

Période	Moyennes mensuelles												
	Facteur climatique	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui 1	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
1918-1938	Précipitation (mm)	88	76	78	56	49	28	2	3	24	41	90	87
	Température (c°)	6	7	9	12	16	21	26	26	22	16	1	7
1980-2020	Précipitation (mm)	43	36	35	27	18	13	3	3	23	22	37	43
	Température (c°)	8	9	11	12	17	24	29	28	23	18	13	9

### 3.1. Précipitation

La pluviosité est le facteur essentiel qui permet de déterminer le type de climat. En effet, cette dernière conditionne le maintien et la répartition de la couverture végétale (**DJEBAILI, 1978**). L'altitude, la longitude et la latitude sont les principaux gradients définissant la variation de la pluviosité. En effet, la quantité de pluie diminue du Nord au Sud, de l'Est à l'Ouest et devient importante au niveau des montagnes (**CHAABANE, 1993**).

Les zones recevant plus de 400 mm sont considérées comme semi-arides, subhumides ou humides (**EMBERGER, 1930**) selon l'importance des précipitations. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat (**LE HOUEROU et al., 1979**). Il convient de signaler que l'origine de pluie en Algérie est orographique. Cependant la tranche pluviométrique à l'ouest est atténuée à celle de l'est du pays et ceci à cause de l'existence d'obstacle orographique, tels que la Sierra Nevada espagnole et l'Atlas marocain.

#### a) Régimes annuels

La moyenne pluviométrique annuelle calculée au cours de cette période (1980 à 2020) est égale à 302 mm ; cette valeur est égale à la moitié de celle qui a été enregistrée dans l'ancienne période (1918-1938) 622 mm.

Les valeurs de la pluviométrie pendant ces années ont oscillé entre un minimum de 200 mm enregistré en 1998 et un maximum de 375 mm en 2008. Les années les plus arrosées sont : 2004, 2006, 2007, 2008, 2010, 2013 et 2014 où la pluviométrie a dépassé les 370 mm. Les années les plus sèches sont 1980, 1998 et 1999 où la pluviométrie n'a pas dépassé 200 mm.

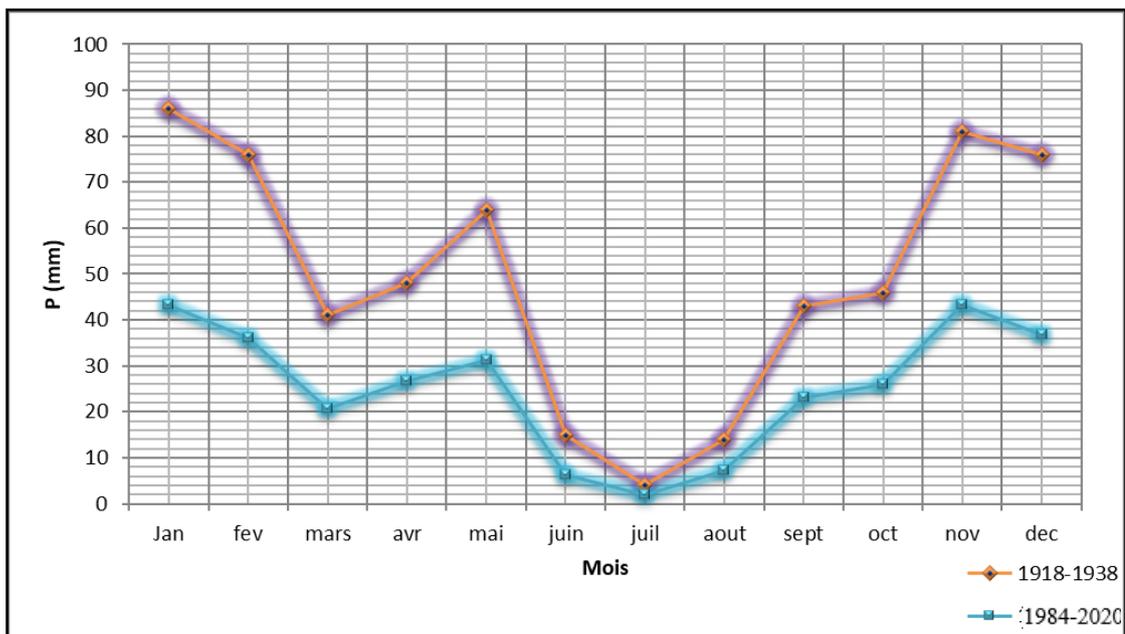
**b) Régimes mensuels**

Dans la zone d'étude, la répartition mensuelle de la pluviométrie montre que les mois les plus humides, en hiver et au printemps, renferment plus de 75 % du total interannuel avec un maximum au mois de novembre et janvier (43 mm), et que durant les mois secs, moins de 25%, se situent en été avec des précipitations non significatives.

Statistiquement, on observe deux saisons orageuses similaires ; l'automne et le printemps, relevant des quantités pluviométriques comparables (environ 56 % du total annuel). L'hiver, de Décembre à Mars, est la saison la plus pluvieuse, représentant ainsi plus de 40 % de précipitation annuelle, l'été représenté la saison sèche pendant laquelle les précipitations sont assez rares (5 % de précipitation annuelle). Le mois d'octobre constitue le début de la saison pluviale.

La comparaison des régimes de précipitations mensuelles des deux périodes montre :

- Le mois de janvier est le plus pluvieux pour les deux périodes.
- Juillet est le mois le plus sec aussi pour les deux périodes.
- Les précipitations estivales sont faibles, elles ne dépassent pas les 9% pour les deux périodes.
- Une régression (50%) des deux courbes des cumuls pluviométriques pour les deux périodes (figure 8).



**Figure 8.** Moyennes des précipitations mensuelles des deux périodes (1918-1938) et (1984-2020).

### c) Régimes saisonniers

MUSSET c'est le premier climatologue à avoir défini la notion des régimes saisonniers. Elle consiste à calculer la somme des précipitations par saison et à effectuer les classements des stations par ordre de pluviosité décroissant en désignant chaque saison par la première lettre H, P, E et A, désignant respectivement Hiver, Printemps, Eté et Automne (DJEBAILI, 1984).

$$Crs = \frac{(Ps \times 4)}{Pa}$$

où Ps : précipitations saisonnières.  
Pa : précipitation annuelles.  
Crs : coefficient relatif saisonnier de Musset.

On constate que le régime saisonnier des deux périodes varie entre les deux types suivants : H, P, A, E pour la période (1918-1938) et H, A, P, E pour la période (1980-2020) (figure 9).

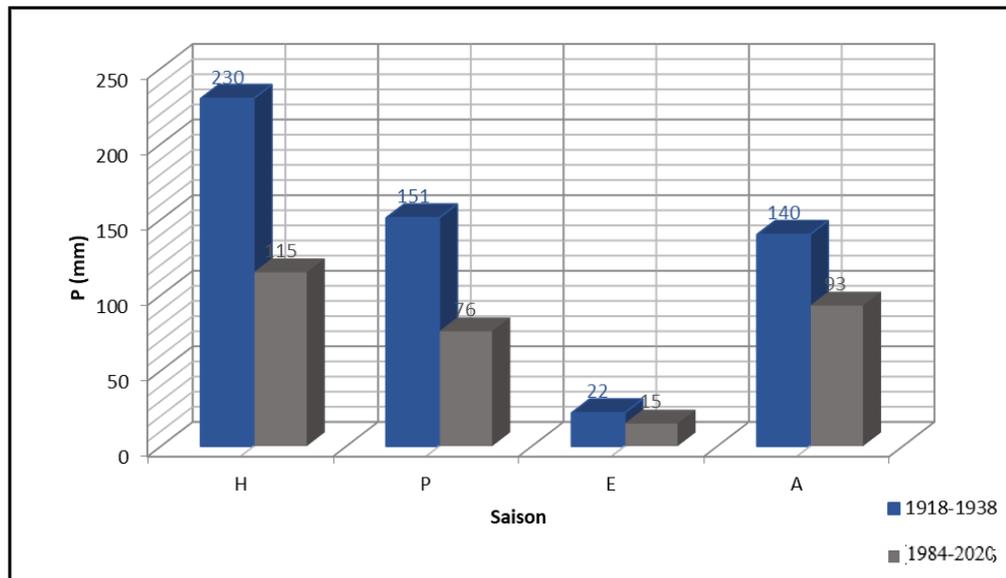


Figure 9. Régime saisonnière des deux périodes (1918-1938) et (1984-2020).

### 3.2. Température

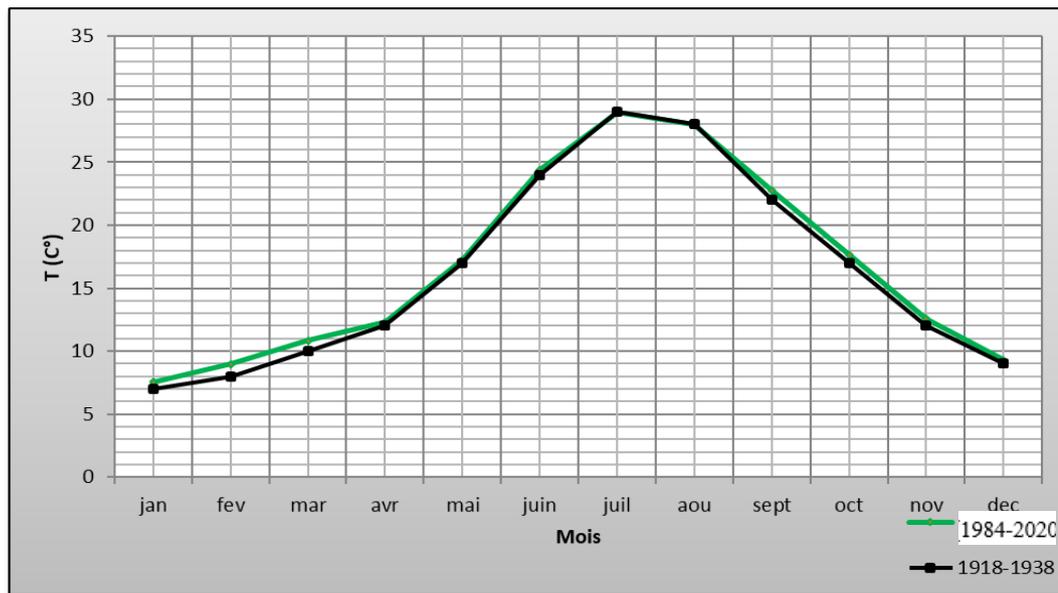
La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour les formations végétales, D'après PEGUY (1970) le facteur climatique est une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable. L'une de nos préoccupations est de montrer l'importance des fluctuations thermiques dans l'installation et l'adaptation des espèces dans la région. La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance des variables suivantes :

- Température moyenne mensuelle « T ».
- Température maximale « M ».
- Température minimale « m ».

- Amplitude thermique (M-m).

Le régime thermique de la région est caractérisé par des températures très élevées en été et basses en hiver. Les températures les plus élevées sont enregistrées durant les mois de Juillet et Août, où elles atteignent un maximum de 36 °C en moyenne pour la nouvelle période et 34 pour l'ancienne période, ce qui correspond à une forte évaporation. Les basses températures se manifestent au mois de février avec une température moyenne de 9°C pour la nouvelle période et 8 pour l'ancienne période et une minimale moyenne de 2.8 °C pour la nouvelle période et 2.5 pour l'ancienne période.

La figure 10 représentée les variations mensuelles de Température des deux périodes de la région :



**Figure 10.** Température moyenne mensuel des deux périodes (1918-1938) et (1984-2020).

### 2.3. Amplitude thermique

L'amplitude thermique est définie par la différence entre les moyennes des maximums extrêmes et les minimums extrêmes (M-m). Sa valeur est écologiquement très importante à connaître, car elle représente la limite thermique extrême à laquelle chaque année en moyenne les végétaux doivent résister (**DJEBAILI, 1984**).

On distingue :

1. Climat insulaire :  $M-m < 15^{\circ}C$
2. Climat littoral :  $15^{\circ}C < M-m < 25^{\circ}C$
3. Climat semi-continentale :  $25^{\circ}C < M-m < 35^{\circ}C$
4. Climat continental :  $M-m > 35^{\circ}C$

**Tableau 8.** Amplitude thermique et type du climat des deux périodes (1918-1938) et (1984-2020).

Périodes	Température Max « M » (c°)	Mois	Température Min « m » (c°)	Mois	Amplitude thermique (M-m)	Type de climat
1918-1938	34	Juillet	2.5	Janvier	31.5	Semi continental
1980-2015	36		2.8		33.2	

### 3.4. Indice d'aridité de DEMARTONNE

On peut donner une classification de la région de Saida, par l'indice d'aridité annuelle (Ia) de DE MARTONNE qui est donnée par la formule suivante (RAMADE, 2003) :

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

Où :

**Ia** : Indice d'aridité ; **P** : Précipitation moyenne annuelle (P=302 mm) ; **T** : Température moyenne annuelle (T=18 C°).

Donc : **Ia** = 302/18+10

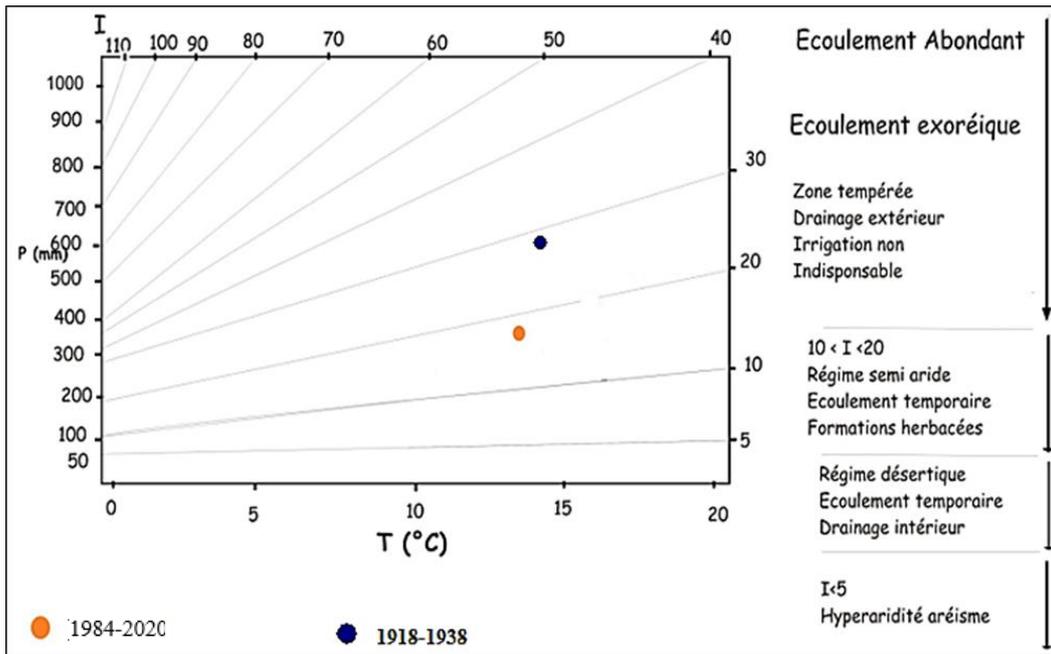
Où :

**Ia** = 11.20

L'indice baisse lorsque l'aridité croit (LE HOUEROU, 2004). L'indice d'aridité annuel de De Martonne définit six zones climatiques en fonction des précipitations moyennes et des températures moyennes. Ces zones sont :

**A** : zone à écoulement abondant ; **D** : zone semi-aride ; **B** : zone à écoulement exoréique ; **C** : zone tempérée ; **E** : zone désertique ; **F** : Hyper aride.

En projetant la valeur de l'indice d'aridité obtenu (Ia = 11.20) et la valeur des précipitations moyenne annuelle sur l'abaque de De Martonne (Figure) nous pouvons en conclure que le climat de la région est du type semi-aride (10 < Ia=11.20 < 20) (figure 11).



**Figure 11.** Détermination du climat à partir de l'abaque DE Martonne (1980-2020).

### 3.5. Quotient pluviométrique d'EMBERGER

Le coefficient pluviométrique d'EMBERGER reste un outil bioclimatique majeur pour caractériser le bioclimat d'une zone en méditerranéenne.

L'indice pluviothermique d'EMBERGER appelé ( $Q_2$ ) est ainsi formulé (figure 12) :

$$Q_2 = (2000 P) / M^2 - m^2$$

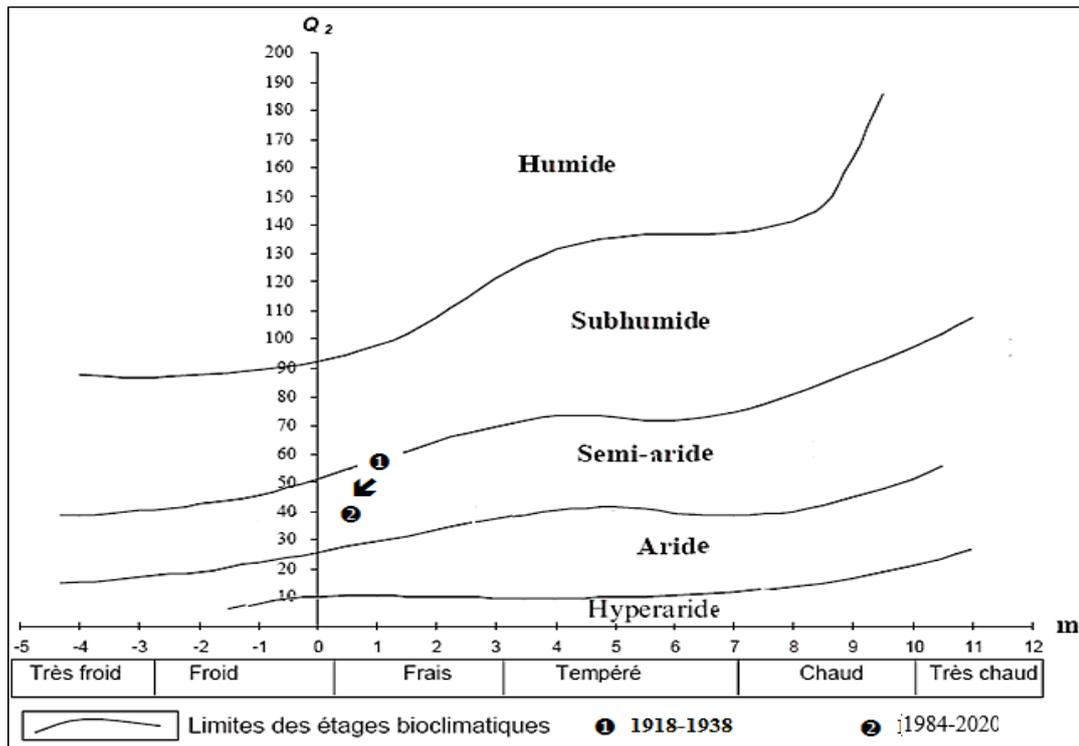
Avec :

**$Q_2$**  : Quotient pluviothermique ; **P** : Précipitation moyenne annuelle en mm ; **M** : Température moyenne mensuelle du mois le plus chaud exprimée en degrés Kelvin ; **m** : Température moyenne mensuelle du mois le plus froid exprimée en degrés Kelvin ; **M-m** : Amplitude thermique extrême moyenne.

La valeur du quotient pluviométrique varie en fonction inverse du caractère xérique du milieu. Plus la sécheresse annuelle globale est grande, moins la valeur du quotient est élevée.

Quand :

- 50 <  $Q_2$  < 100** : Climat tempéré ;      **10 <  $Q_2$  < 25** : Climat aride ;
- 25 <  $Q_2$  < 50** : Climat semi-aride ;      **10 <  $Q_2$**  : Climat désertique.
- $Q_2 = (2000 \cdot 357) / 95295.69 - 76618.24$**        **$Q_2 \approx 39$**



**Figure 12.** Position de la zone d'étude sur le climagramme d'Emberger.

L'indice pluviothermique d'Emberger permet de classer la forêt domaniale de Doui Thabet dans le semi-aride supérieur (proche à la borne supérieure de l'intervalle [20-50]/  $Q_2 = 39$ ) avec une variété fraîche.

### 3.6. Classification des ambiances bioclimatiques en fonction de "T" et "m"

La température moyenne annuelle "T" est utilisée par RIVAS-MARTINEZ (1981) avec la température moyenne des minima comme critère de définition des étages de végétation.

- Thermo-méditerranéen :  $T > 16^{\circ}\text{C}$  et  $m > +3^{\circ}\text{C}$
- Méso-méditerranéen :  $12^{\circ}\text{C} < T < 16^{\circ}\text{C}$  et  $0^{\circ}\text{C} < m < +3^{\circ}\text{C}$
- Supra-méditerranéen :  $8^{\circ}\text{C} < T < 12^{\circ}\text{C}$  et  $-32^{\circ}\text{C} < m < 0^{\circ}\text{C}$

Dans notre cas, la zone d'étude occupe le thermo –méditerranéen.

### 3.7. Diagramme Ombro-thermique de BAGNOULS et GAUSSEN

BAGNOULS et GAUSSEN, (1953), définissent la saison sèche comme étant : « l'ensemble des mois où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètre est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en  $^{\circ}\text{C}$  ( $P \leq 2T$ ). ».

Le diagramme ombro-thermique de la station climatique de Saida entre 1980 et 2015 (Figure) montre que le climat est de type méditerranéen avec une période de sécheresse longue, qui s'étale sur 6 mois à 8 mois, allant du début du mois de Mai jusqu'à la fin du mois d'Octobre (période sèche actuelle est plus longue d'un mois et demi que l'ancienne) (figure 13).

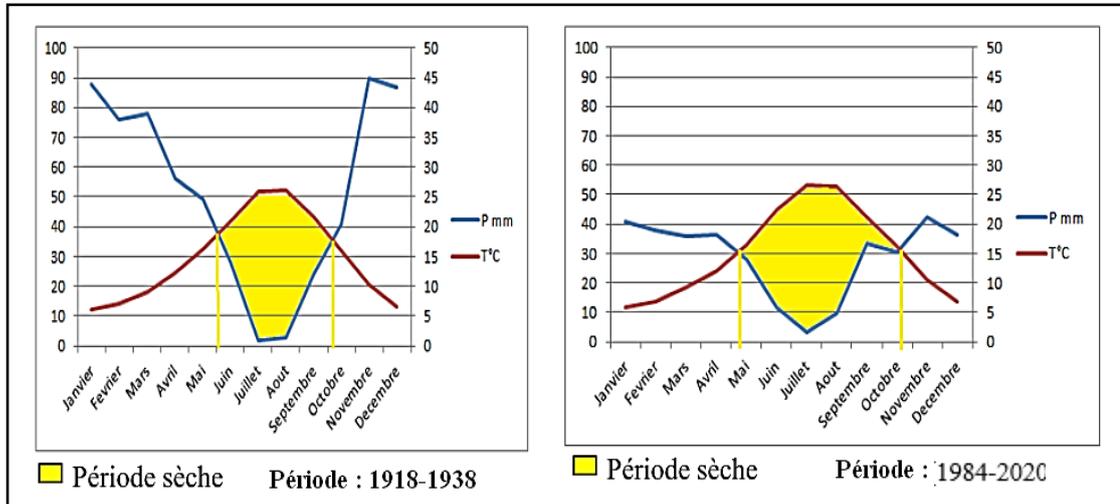


Figure 13. Diagramme ombrothermique de la zone d'étude des deux périodes.

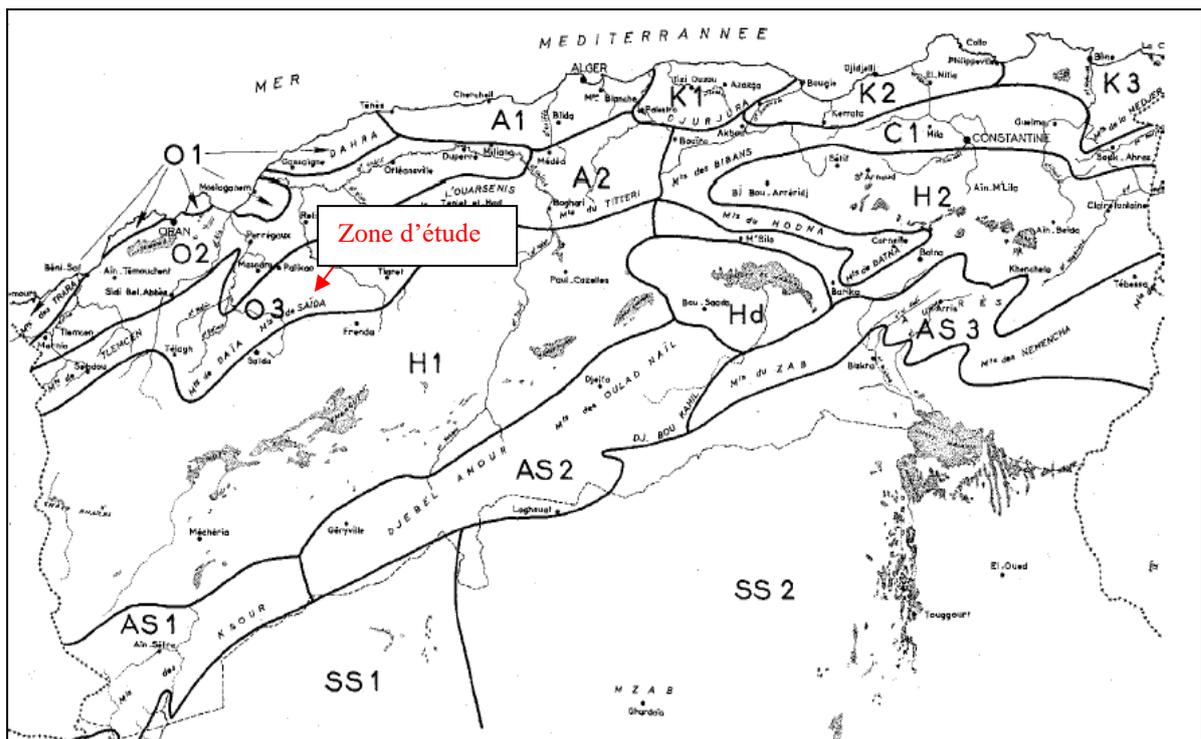
## 4. Milieu Naturel

### 4.1. Phytogéographie

L'étude phytogéographique constitue une base essentielle à toute tentative de conservation (QUEZEL, 1991). Elle permet de connaître l'histoire d'une région donnée et constitue un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (OIVIER *et al.*, 1995 ; *in* DAHMANI, 1997).

La subdivision en domaines et secteurs floristiques est le reflet de l'étroite dépendance climat-végétation, d'après le découpage phytogéographique de Barry *et al* (1974) (BARRY *et al.*, 1974 ; *in* DOUAOUI, 2005).

La zone d'étude appartient à : l'empire Holarctique, à la région Méditerranéenne, Sous-région Eu- méditerranéenne, Domaine Maghrébo-tellien, Secteur oranais et au Sous-secteur de l'Atlas Tellien QUEZEL et SANTA (1962, 1963) (figure 14).



**Figure 14.** Carte des principaux territoires biogéographiques d'Algérie d'après QUEZEL et SANTA (1962- 1963).

**A1:** Sous-secteur littoral ; **A2:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; **AS1:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais ; **AS2:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois ; **AS3:** Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois ; **C1:** Secteur du Tell constantinois ; **H1:** Sous-secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais ; **H2:** Sous-secteur des Hauts Plateaux constantinois ; **Hd:** Sous-secteur du Hodna ; **K1:** Sous-secteur de la grande Kabylie ; **K2:** Sous-secteur de la petite Kabylie ; **K3:** Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne) ; **O1:** Sous-secteur des Sahels littoraux ; **O2:** Sous-secteur des plaines littoraux ; **O3:** Sous-secteur de l'Atlas Tellien.

## 4.2. Description de la végétation

### Formation végétale

La forêt est composée par des essences forestières telles que : *Pinus halepensis*, *Tetraclinis articulata*, *Juniperus oxycedrus*, *Stipa tenacissima* ...etc. Elle présente un sous-bois abondant et très important. On note la présence des espèces caractéristiques de dégradation de cette pinède, on a :

- *Chamaerops humilis* L ;
- *Ampelodesma mauritanica* (Poir) Dur ;
- *Ferula communis* L.

Selon QUEZEL (1992), la dynamique régressive des groupements explique le remplacement de l'essence forestière par *Chamaerops humilis* et même par les *Cistus sp.*

A ce sujet **BENABDELI (1996)**, précise que le risque d'une aggravation de la régression de la couverture forestière de la région de Doui Thabet est donc véritable.

### **Les groupements forestiers**

Grace à la diversité de l'aspect orographique, la zone d'étude possède des unités de zonage écologique très diversifiées et par conséquent une phytodiversité importante.

La description des différents types des groupements forestiers dans la zone d'étude constitue une clé dans le choix des stations à étudier pour faire l'échantillonnage dans le cadre de l'étude et l'analyse de la flore, nous avons (figure 24) :

- **Les conifères :**

On distingue trois groupements végétaux de conifères intéressant dans la zone d'étude:

-Groupement à *Pinus halepensis* pur: domine presque la majorité de la forêt. Il est associé au *Juniperus oxycedrus*, *Stipa tenacissima*, *Pistacia lentiscus*, *Cistus sp* et *Gensita sp*.

- Groupement à *Pinus halepensis* et *Tetraclinis articulata* où le *Pinus halepensis* constitue la strate arborescente dominante, le *Tetraclinis articulata* est toujours dominé: occupe aussi une superficie importante. Il est associé au *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Phillyrea* et *Stipa tenacissima* (présente la plus grande diversité en espèces au niveau des strates arbustives et buissonnantes car la strate arborescente est ouverte et permet le développement des autres strates.

-*Pinus halepensis* et *Quercus ilex*: occupe une superficie faible. Localisé essentiellement à l'exposition sud et ouest sur versant à forte pente.

- Il faut note que le *Juniperus oxycedrus* occupe une superficie assez faible et se trouve à l'exposition sud de la forêt.

- **La Yeseuraie :**

Caractérisée par la présence de trois types de chêne : *Quercus ilex*, *Quercus faginea* et *Quercus coccifera*. Le premier et le deuxième sa présence est limitée dans l'espace alors que le deuxième sa répartition est très importante.

- **Les ripisylves :**

Une partie de la zone d'étude fait partie du sous bassin hydrographique de Macta et présente une réseaux hydrographique important. Cette situation favorise l'installation des ripisylves. Dans notre cas nous avons recensé les espèces suivantes : *Populus alba*, *Olea europaea*, *Arbutus unedo*, *Tamarix africana*, *Nerium oleander* ...etc.

- **Les matorrals :**

On trouve des matorrals troués, et clairs à base de Pin d'Alep dégradé. Ce type de formation est bien représenté sur le versant Nord entre 900 m et 1200 m. Ils sont constitués

essentiellement par : *Phillyrea sp*, *Calicotome sp*, *Pistacia lentiscus*, *Quercus coccifera*, *Olea europaea* subsp. *sylvestris* et *Tetraclinis articulata*.

- **Le maquis clair :**

IL est le résultat de la dégradation de cette forêt à cause des incendies répétés, il est situé au Nord-Ouest de la zone d'El Eche généralement, il se compose d'arbres isolés d'espèces différentes, xérophiles et sclérophylles sempervirents (à feuilles persistantes) : *Cistus sp*, *Romarinus sp*, *Olea europaea* subsp. *sylvestris* et *Stipa tenacissima*.

**Les pelouses :**

Elles sont constituées généralement de thérophytes. Elles sont situées généralement sur des terrains plats des sommets des montagnes.

- **Le reboisement :**

Plantation et repeuplement des parcelles incendiées par le *Pinus halepensis*.

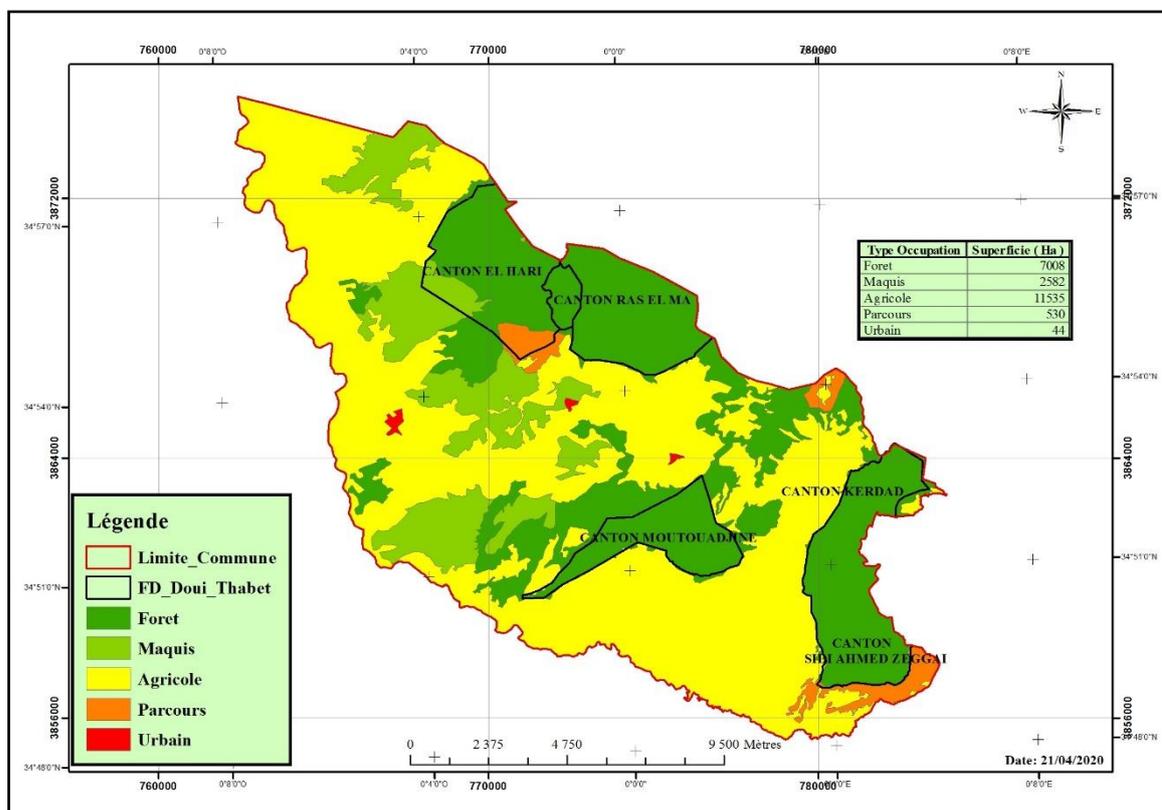


Figure 15. Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

### 4.3. Etude socio-économique

#### 4.3.1. Démographie

L'analyse de l'évolution de la population est un facteur déterminant dans le volet socio-économique. Elle permet d'apprécier sa dynamique et sa corrélation avec l'espace. La commune de Doui Thabet englobe des villages, Douars et de fermes.

En 1987 sa population était estimée à 6287 habitants, ce chiffre suit une régression à cause de l'instabilité politique jusqu' au 1998. En 1998 sans véritable centre secondaire support, la commune comptait 4315 habitants. Ce chiffre suit une dynamique progressive remarquable depuis 1998 grâce à la stabilité politique . En 2008, la population communale atteignait 4978 habitants en suite 4774 en 2019 (**A.P.C, 2019**) (tableau 9). L'**A.P.C (2019)** fait ressortir que la commune de Doui Thabet contient plus de 20% de la population de la Daïra de Youb.

**Tableau 9.** Evolution de la population de la commune de Doui Thabet (**A.P.C, 2019**).

Commune	RGPH 1987	RGPH 1998	RGPH 2008	RGPH 2019
Doui Thabet	6287	4315	4978	4774

#### 4.3.2. Action directe de l'homme et les activités de production

L'action anthropique traduit l'existence d'un secteur privé fortement entouré dans les massifs montagneux, d'un habitat excessivement dispersé et d'une surexploitation sévère du milieu environnant.

Les principales cultures sont par ordre d'importance : blé dur, blé tendre, l'orge, pomme de terre, la tomate, les légumes, l'amandier (**DSA, 2019**).

Les terres agricoles se trouvent dans les zones plates ou la pente oscille entre 0 – 8% : principalement la céréaliculture et les cultures maraichères, l'arboriculture se trouve généralement sur les pieds de la montagne ou la pente dépasse les 8 % (**DSA, 2019**).

##### ✓ Céréaliculture et jachère

La céréaliculture occupe 54% de la surface agricole utile soit 2000 ha en moyenne. La forte présence des céréales se justifie par la simplicité des techniques et de l'itinéraire cultural traditionnel employé. Les spéculations les plus pratiquées sont le blé dur, le blé tendre et l'orge.

La jachère qui reste occupe près de 1000 ha en moyenne et représente 20% de la surface agricole utile. Ces terres nues pendant une année sont sujettes à l'érosion et au parcours avec toutes les conséquences qui en découlent sur la fertilité et les aspects physiques du sol (piétinement, dégradation de la structure, ruissellement..).

✓ **Maraîchage et légumes secs**

Elles sont faiblement représentées par rapport à la céréaliculture à cause du déficit en ressources hydriques.

1. Le maraîchage n'occupe que 12% de la surface agricole utile, les cultures utilisées en non irriguées sont le melon et le pasteq dominant cette spéculation **(DSA, 2019)**.
2. Les légumes secs occupent 6% de la surface agricole utile et colonisent les terres en exposition Sud-ouest assez planes sur des petites parcelles. Le pois chiche, les petits pois et la fève sont les espèces dominantes et exclusives dans la commune **(DSA, 2019)**.
3. Les cultures fourragères quant à elles, n'occupent que 3% de la surface agricole utile alors que les besoins pour l'élevage restent largement supérieurs aux disponibilités **(DSA, 2019)**.

✓ **L'arboriculture**

Malgré le rôle écologique, agronomique et économique que l'arboriculture joue dans de tels espaces ; elle reste encore marginalisée et la superficie occupée ne représente que 8% de la surface agricole utile. Les espèces dominantes sont l'olivier, l'amandier et le figuier **(DSA, 2019)** (tableau 10).

**Tableau 10.** Répartition des terres utilisées par l'agriculture (unité : Ha) **(DSA, 2019)**.

Commune	Culture herbacée	terres aux repos	vignes	Plantation d'arbres fruitiers	Total S.A.U	pacages et parcours	Terres improductives	terre alfatière	Forêt	Total
Doui Thabet.	4656	5328	18	129	10131	2424	140	00	8945	21610

Dans la zone d'étude la répartition de la superficie agricole montre que le rapport SAU/SAT est supérieur à 60%, ce qui veut dire que la S.A.U est importante, ce qui est à relativiser puisqu'il s'agit bien entendu d'une appréciation statistique communément adoptée par les services agricoles et la superficie des terres labourables est de 42.34 % de la superficie totale communale **(DSA, 2019)**.

✓ **L'élevage**

L'élevage est devenu au fil des années une activité qui structure le monde rural mais son importance à Doui Thabet n'a pas atteint le niveau de celui de la région steppique de la wilaya **(DSA, 2019)**.

L'effectif total du cheptel d'après la direction des services agricoles de la wilaya, atteint 27940 têtes comme en 2019 suit (tableau 11) :

- L'élevage ovin reste dominant. Enregistre cependant une augmentation significative par rapport aux années précédentes 15765 têtes (tableau 11).

- L'élevage bovin suit apparemment le même essor, en comptant 659 têtes. Néanmoins, les statistiques ne sont pas fiables au regard des techniques et procédures et modèle de fiche de suivi où il y a une absence de maîtrise des renseignements.

- L'aviculture, la cuniculture et l'apiculture restent des activités à développer, compte tenu des conditions du milieu et de leur rôle dans le développement rural.

Les bases économiques de la commune se focalisent actuellement autour de l'activité agricole et de l'élevage comme leviers principaux de développement local créateur d'emplois.

**Tableau 11.** Evolution de nombre de cheptels (DSA, 2018 ; modifié).

Commune	2010		2011		2012		2017	
	Ovins	Bovins	Ovins	Bovins	Ovins	Bovins	Ovins	Bovins
Doui Thabet	11681	453	11254	162	16080	123	27.291	526

Ce chiffre suit une dynamique progressive remarquable depuis 1998 grâce aux programmes du développement rural.

✓ **Action des incendies**

Les feux de forêts détruisent en moyenne près de 2 % de la surface forestière nationale (1962-2000) alors que les reboisements ne sont que de l'ordre de 1 % soit une perte de l'ordre de 15000 hectares par an, en supposant que tous les reboisements réussissent mais ce n'est malheureusement pas le cas (**LETREUCH-BELAROUCI, 2000**).

Chaque année des incendies sont enregistrés à travers la région et sont à l'origine de dégâts très importants. Ces incendies constituent actuellement un des fléaux les plus dévastateurs de notre patrimoine forestier. Selon **LETREUCH-BELAROUCI (2000)**, cette situation est due à (tableau 12) :

1- Aux conditions météorologiques très favorables à l'éclosion des incendies caractérisés par des vents dominants du Sud assez violents (Sirocco).

2- La nature des peuplements composés essentiellement par des essences résineuses : Pin d'Alep, Thuya, très inflammables.

Les statistiques relevées auprès de la conservation des forêts sur 30 ans (1988-2017) montrent que les superficies parcourues par le feu dans la forêt domaniale de Doui Thabet sont d'environ 2200 ha au total. La période critique pour l'éclosion des incendies s'étend du Mai à Octobre.

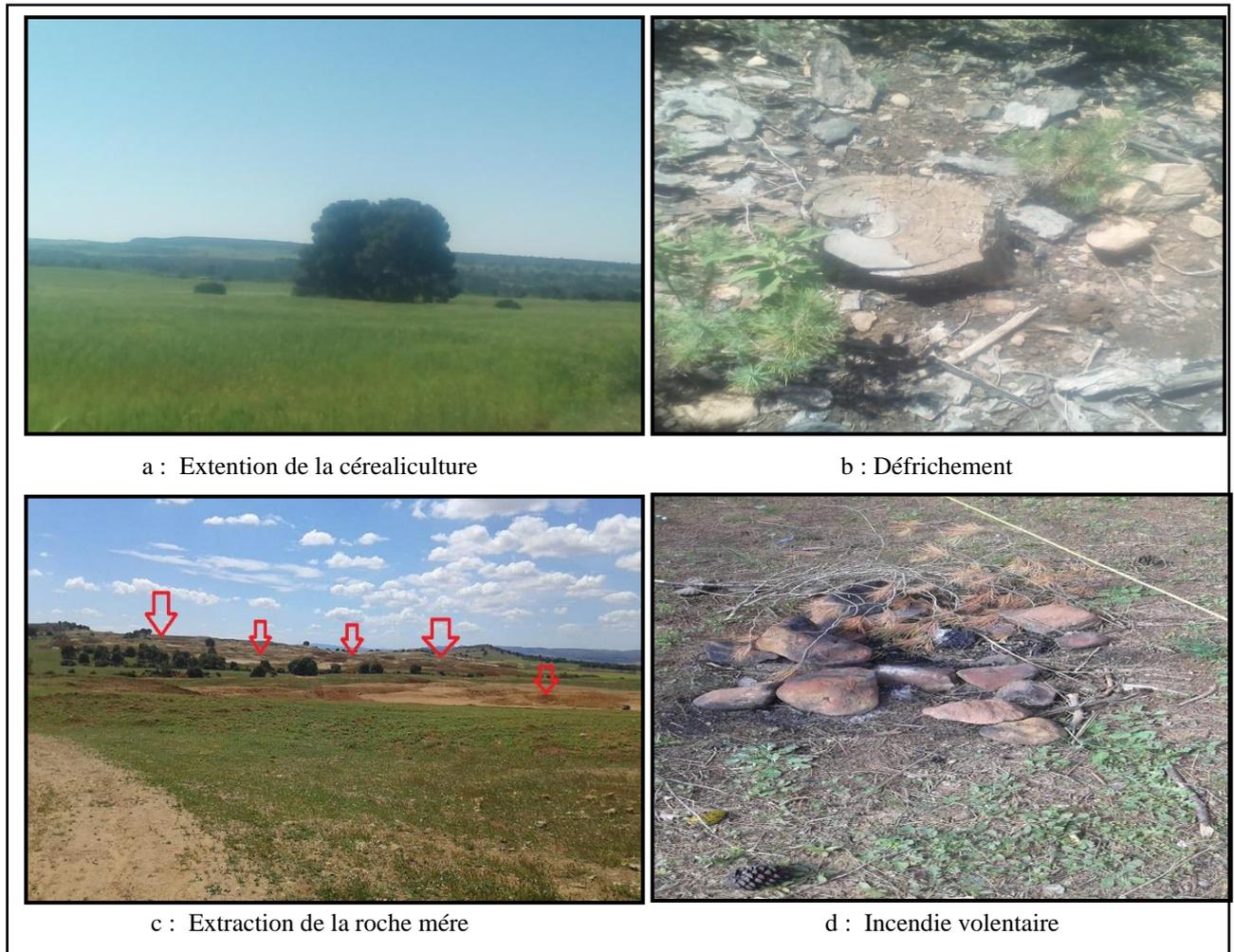
Certains incendies sont volontaires et proviennent des bergers qui désirent conserver leurs terrains de parcours. Ces types d'incendies sont particulièrement dangereux et parcourent toujours de grandes surfaces.

**Tableau 12.** Bilan des incendies de forêt domaniale de Doui Thabet (1988-2018) (CF, 2019).

<b>Année</b>	<b>Surface incendie (ha)</b>
1988	00
1989	00
1990	00
1991	00
1992	102.6
1993	32.06
1994	650
1995	00
1996	01.50
1997	76.5
1998	1213
1999	06.00
2000	00
2001	00
2002	00
2003	61
2004	02.75
2005	15.50
2006	0.50
2007	0.50
2008	00
2009	1.5
2010	2.5
2011	1.5
2012	4
2013	3
2014	3
2015	6
2016	7
2017	10

### **4.3.3. Impact des activités sur le milieu forestier**

La vigoureuse pénétration d'agriculteurs et les activités de l'industrie notamment chemin de fer (Est-Ouest) qui traverse l'écosystème forestier et les carrières pour l'extraction de la roche mère pour la construction de ce chemin de fer par la société italienne (Astaldi) dans la forêt a engendré une destruction très importante (la fragmentation du milieu forestier) qui provoque la perturbation de la flore et surtout de la faune (Gazelle de cuvier) dans cette région (figure 16).



**Figure 16.** Impact des activités sur le milieu forestier [Aouadj, S A., (2018)].

a et b: on constate que le défrichement des écosystèmes locaux prend de l'ampleur à fin de laisser place à céréaliculture ; c : extraction de la roche mère dans le but de la construction du chemin de fer pour le compte de la société Astaldi, ce phénomène entarinne une fragmentation des écosystèmes en place ; d : on constate que les riverains exploitent la zone en utilisant des feux dans un but de loisir ce qui peut être un handicap pour la végétation en place, ce qui peut être à l'origine des feux.

Nous jugons que ces phénomènes peuvent entraver la bonne phénologie des espèce en place.

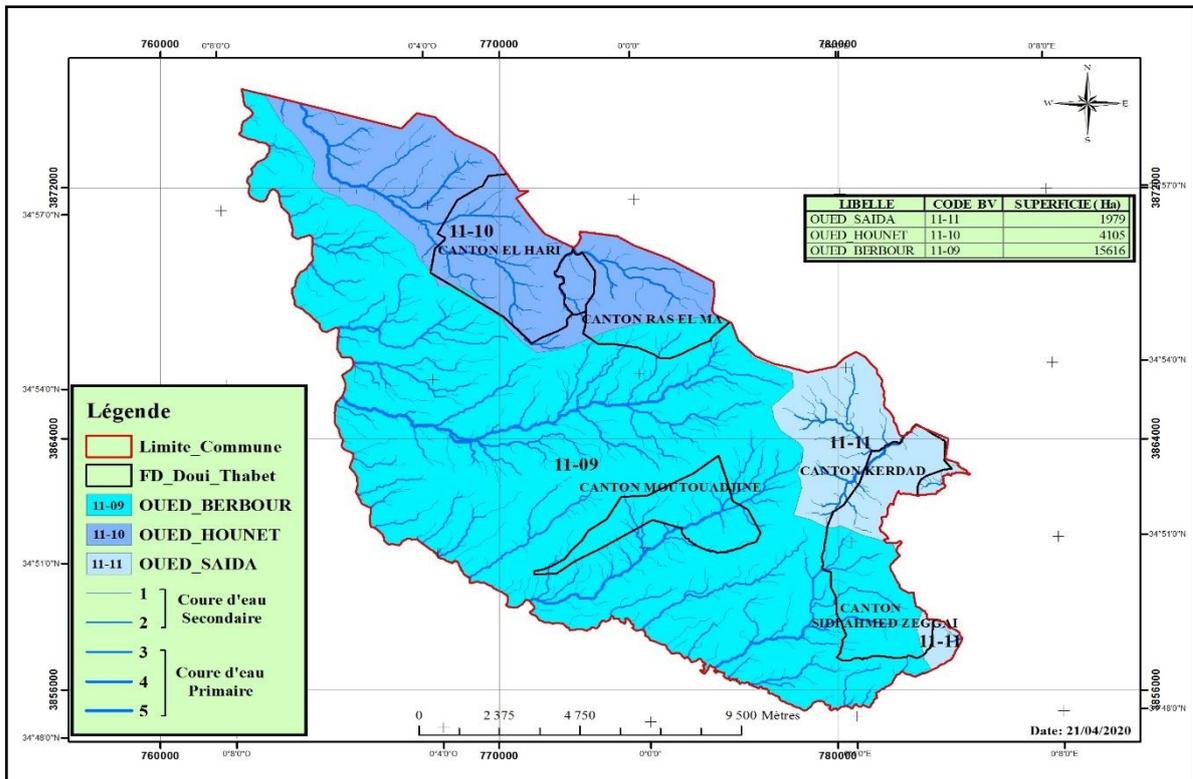
## 5. Réseau hydrographique et sous bassins versants

Le réseau Hydrographique de la wilaya de Saida qui prend naissance à une altitude de plus de 1300 m réunit trois Bassins versants qui se démarquent dans deux espaces distincts (D.H.W, 2009).

L'hydrographie de la zone d'étude permet de distinguer plusieurs sous bassins superficiels où l'écoulement se fait vers le nord. La nature essentiellement carbonatée des roches qui constituent la zone d'étude a permis aux oueds de ces bassins de creuser des vallées

très encaissées et des lits très profonds et étroits, leur solidité a favorisé la dissolution en profondeur donnant une véritable région Karstique. Lorsque les affleurements sont marneux ou argileux, le relief devient beaucoup plus mou, il s'agit des croupes très arrondies subissant un ruissellement intense et une forte érosion.

La zone d'étude appartient au Bassin supérieur de l'Oued El Hammam, intégré au Bassin de la Macta, réunit à l'échelle de la wilaya trois sous bassins. Ces sous bassins rassemblent, d'une part les apports de l'Oued Hounet, de l'Oued Berbour (L'oued Berbour à l'ouest des montagnes, qui est un important apport des oueds Bouatrous, Fourhalzid, conflue avec l'oued Sefioun pour donner l'oued de Hounet) et de l'Oued Saida (il s'agit du haut cours de l'oued Saida, celui-ci prenant sa source près d'Ain El Hadjar (Ain-Tebouda Sud-ouest de Ain El-Hadjar). La superficie du plateau dolomitique intéressée par ce bassin est d'environ 115 Km<sup>2</sup>. L'oued est à écoulement permanent. La superficie du bassin est de 560 Km<sup>2</sup>. Les affluents les plus importants sont oued Nazreg, Oued Massif, oued Taffrent, ils sont alimentés également à partir de ressources de ruissellement sur les hauteurs des montagnes) estimés en moyenne à 73 hm<sup>3</sup>/an, qui alimentent le barrage de Bou-hanifia, puis ceux de l'Oued Saida et des Oueds qui rejoignent l'Oued Taria estimés à 100 hm<sup>3</sup>/an qui se déversent dans le barrage de Ouizert . Ces Oueds (S/bassin d' Oued Hounet, de Oued Berbour et de Oued Saida) prennent leurs sources sur les versants nord des Monts de Dhaya et de Saida, à une altitude dépassant les 1300m (figure 17) (D.H.W, 2009).



**Figure 17.** Carte de réseau hydrographique et sous bassins versants de la zone de Doui Thabet.

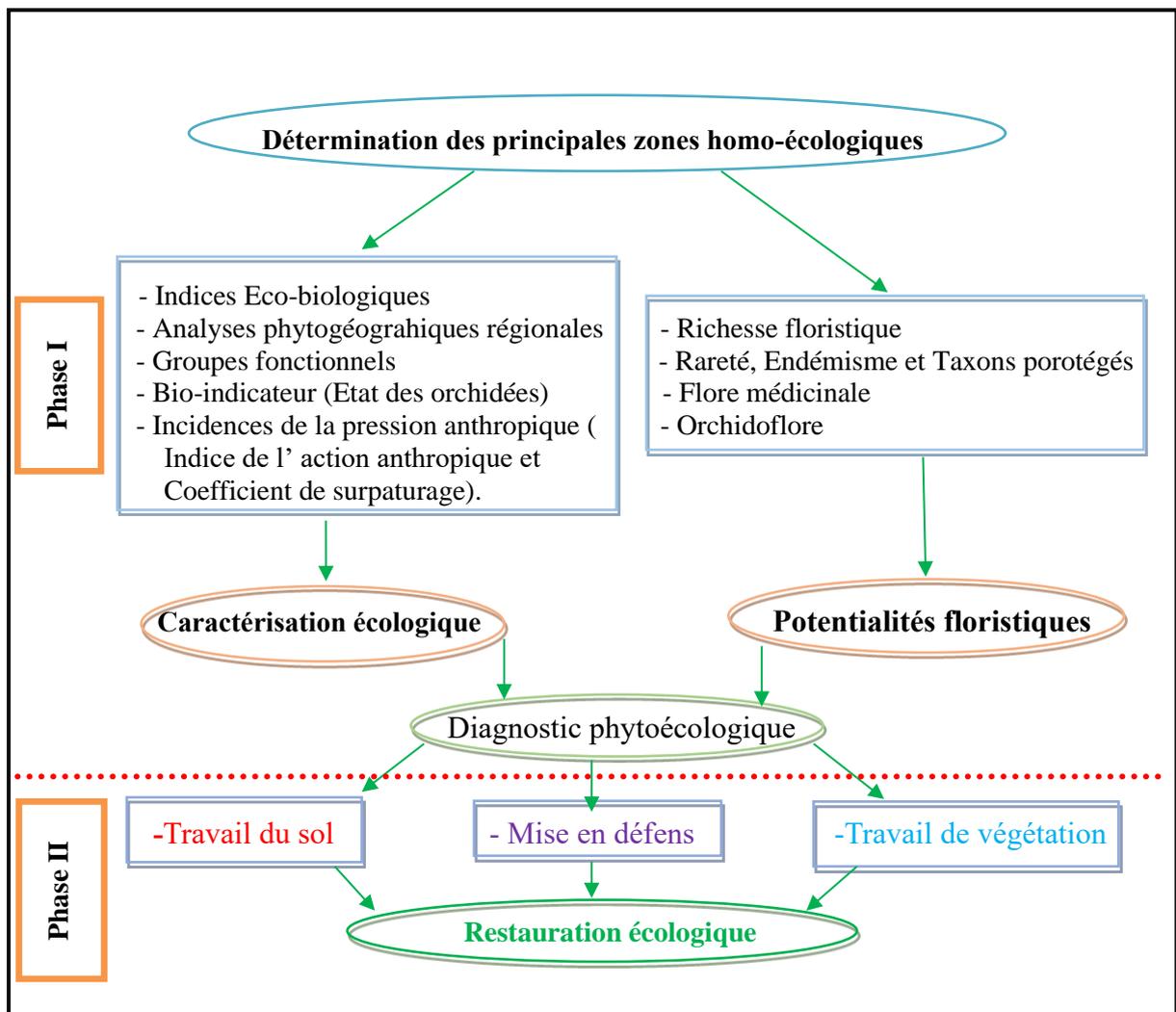
# **Chapitre III**

## **Matériels et méthodes**

### III. Matériels et méthodes

#### 1. Principe du travail

L'objectif poursuivi est la restauration écologique de la forêt de Doui Thabet (Monts de Saida) sur la base des caractéristiques écologiques, les potentialités floristiques de la forêt et l'application d'un ensemble des techniques de restauration selon chaque essence forestière, ces techniques sont représentés par le travail du sol, travail de la végétation. Pour atteindre cet objectif, nous avons conduit le travail à différents niveaux (figure 18) :



**Figure 18.** Organigramme méthodologique de travail.

## 2. Démarche générale

Les stratégies de la restauration et de la conservation des écosystèmes naturels dégradés commencent obligatoirement par comprendre le comportement de la végétation dans sa composition et dans son dynamisme et d'approcher le processus de dégradation et l'évaluation de ces potentialités (AUSTAD et SKOGEN, 1990 ; ARESON *et al.*, 1993-1995 ; RAY et BROWN, 1995 ; FISHER, 1995 ; GUARIGUATA *et al.*, 1995 ; MC CHESNEY *et al.*, 1995 ; HELLIWELL *et al.*, 1996 ; BENABDELI *et al.*, 2015). Cette étape consiste à évaluer et caractériser la couverture végétale dans la zone de Doui Thabet et son fonctionnement, ce qui permettra d'élaborer un bon plan de restauration.

### 2.1. Détermination des principales zones homo-écologiques

La détermination des principales zones homo-écologiques (iso-potentiel) est réalisée sur la base de l'intégration des cartes thématiques des différents stratificateurs tel que le type de sol, le substrat, physionomie de la végétation, la pente, l'altitude et l'exposition, dans le système d'information géographique (S.I.G). Pour les stratificateurs topographiques, nous avons élaboré un modèle numérique du terrain (M.N.T) de 12 m à partir d'une image radar par le logiciel « Mapinfo 7.8 » puis l'extraction des cartes hypsométriques, des pentes et d'expositions. Pour les autres stratificateurs, nous avons utilisé la carte géologique de la zone d'étude (S.A.T.E.C, 1976), la carte des unités lithologiques (B.N.E.D.E.R, 1992) et la carte des formations végétales (B.N.E.D.E.R, 1992).

Le croisement des données a été réalisé par la fonction suivante :

$$\frac{1}{N} \times \sum (A_i + B_i + C_i + D_i + E_i + F_i)$$

D'où :

N : nombre de paramètres utilisés dans le modèle = 6 ; A : l'information du pixel du paramètre a (type de sols) ; B : l'information du pixel du paramètre b (substrats) ; C : l'information du pixel du paramètre c (physionomie) ; D : l'information du pixel du paramètre d (pente) ; E : l'information du pixel du paramètre e (altitude) ; F : l'information du pixel du paramètre f (exposition)

Les zones écologiquement homogènes qui ont résultent, ont guidé le choix de l'emplacement des stations de relevés floristiques.

### 2.2. Potentialités floristiques

Des campagnes de terrains pour la réalisation des inventaires se sont déroulées durant les Automnes et les Printemps des années 2017 à 2019. 323 relevés floristiques ont été effectués dans les différents types de peuplements couvrant la totalité de notre zone d'étude (GEHU & RIVAZ-MARTINEZ, 1981). Le nombre des relevés réalisés dans chaque zone homogène est fonction de la diversité des descripteurs écologiques et l'étendue de chaque formation végétale (AAFI *et al.*, 1997 ; AAFI, 2003).

Au niveau de chaque relevé, nous avons mentionné les coordonnées géographiques, les caractéristiques pédologiques, l'orographie, le substrat, la structure et le taux de recouvrement de chaque strate ainsi que le coefficient d'abondance-dominance (C.A.D) et la sociabilité de chaque espèce.

L'identification des taxons a été faite au niveau du laboratoire de recherche d'Ecologie et gestion des écosystèmes naturels à l'université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen à l'aide de plusieurs ouvrages tels que : **QUEZEL & SANTA (1962-1963)**, **FENNANE et al. (1999)**, les espèces recensées ont été comparé à ceux de **DOBIGNARD & CHATELAIN (2010-2013)** pour l'actualisation de la flore. Concernant les taxons protégés en Algérie, nous avons consulté le décret exécutif (12/03) du 10 safar 1433 correspondant au 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces spontanées protégées en Algérie (**J.O.R.A, 2012**) et la liste rouge de l'U.I.C.N (**la version 3.1 de l'U.I.C.N, 2001**).

Aussi une étude ethnobotanique a été réalisée. Elle a été faite dans le but d'établir un catalogue des plantes médicinales de cette zone et de collecter le maximum d'informations concernant les différents usages thérapeutiques pratiqués par la population des agglomérations dans cette zone. Afin d'aboutir à nos attentes nous avons fait des enquêtes auprès de la population de 5 agglomérations (annexe 3). Dans ce contexte nous avons jugé utile de n'interviewer que les gens capables de nous fournir des informations fiables. Au total 100 fiches (questionnaires) ont été remplies puis analysées finement. Un complément d'informations nous a été fourni par les tradi-praticiens (herboristes) de la ville de Saida et une détermination des noms locaux utilisés par la population. Cette phase nous a été d'un grand intérêt car elle représente la clé de voûte de cette investigation. Les informations collectées sur les plantes sont comme suit : nom local, les usages thérapeutiques, les parties utilisées, Fiabilité des traitements, l'utilisation...etc.

### **2.3. Caractérisation écologique**

Sur la base des 323 relevés phytoécologiques réalisés, nous avons calculés les indices de la biodiversité, des analyses phytogéographiques et l'état de l'orchidoflore nous renseignent sur l'état de santé écologique de notre forêt :

#### **2.3.1. Indices Eco-biologique**

*Richesse spécifique (S) :*

$$S = sp_1 + sp_2 + \dots + sp_n$$

**S** : richesse spécifique ; **sp** : les espèces végétales observées (**RAMADE, 2003**).

*Indice de Shannon –Wiener (H') :*

Selon (**BLONDEL, 1979 ; FRONTIER, 1983 ; RAMADE, 2003**) :

$$H' = - \sum p_i \log_2 p_i$$

**H'** : Indice de Shannon –Wiener ; **pi** : le nombre d'individus.

**Indice d'équitabilité de Piélou (E):**

D'après RAMADE (2003) :

$$E = H' / H'_{\max} \text{ avec } : H' = - \sum p_i \log_2 p_i \text{ et } H'_{\max} = \log_2 S$$

**Indice de perturbation de Loisel et Gomila (IP) et le spectre biologique net :**

Pour quantifier la thérophytisation de ces forêts, nous avons calculé les deux indices suivants :

Indice de perturbation (LOISEL & GOMILA, 1993) :

$$IP = \text{nombre de chaméphyte} + \text{nombre de thérophyte} / \text{nombre total des espèces.}$$

Spectre biologique net :

Le Spectre biologique net est le taux de chaque type biologique (chaméphyte : Ch, thérophyte : Th, géophyte : Ge, hémicryptophyte : He, phanérophyte : Ph.) (RAMADE, 2003).

### **2.3.2. Orchidoflore**

Du point de vue écologique, les orchidées sont souvent utilisées comme indicateurs de la santé écologique d'un milieu surtout l'état de santé des écosystèmes forestiers (DEVJLLERS & DEVJLLERS-TERSCHURE, 1994 ; OWEN, 2011 ; MENZEPOH, 2011) ; d'où l'intérêt de prendre en charge ces zones, dans le cadre d'une stratégie de conservation et de restauration de ces habitats (DEVJLLERS & DEVJLLERS-TERSCHURE, 1994).

La présence d'une population viable d'orchidées dans un site donné signale indirectement la présence de pollinisateurs variés (hyménoptères, lépidoptères, coléoptères...), des champignons associés (Rhizoctonia, Sebacina, Tulasnella...) et sont caractéristiques d'habitats ouverts et perturbés (SCHATZ ET GENIEZ, 2011). C'est pour cela l'orchidoflore a fait l'objet d'un suivi spécifique.

La méthode de DE BELAIR *et al.* (2005) (échantillonnage aléatoire) pour l'inventaire des orchidées dans l'ensemble de la Numidie a été utilisée dans cette étude par manque des informations de base sur l'aire de répartition des orchidées dans la zone d'étude, l'inventaire et les prospections des orchidées ont été effectués selon d'échantillonnage aléatoire à l'intérieur de chaque station pendant les printemps et les automnes (la prospection a débuté depuis Décembre 2017 et s'est poursuivie jusqu'au mois de Novembre 2019). En effet, certaines orchidées sont à floraison automnale, d'autres à floraison précoce et les autres tardives. Les prospections ont visé directement les milieux ouverts (DE BELAIR *et al.*, 2005).

### **2.3.3. Analyses phytogéographiques régionales (analyses sectorielles)**

Les études phytogéographiques et chorologiques constituent une base très importante à toute tentative de conservation et de restauration (QUEZEL, 1999). Elles nous permettent de connaître l'histoire d'une région donnée et constitue un véritable modèle pour interpréter les phénomènes de régression (OLIVIER *et al.*, 1995).

Le principe de ces analyses est basé essentiellement sur la comparaison des données de notre inventaire floristique et des données bibliographiques des taxons figurant dans liste de la composition floristique du sous-secteur de l'atlas Tellien Oranais (O3) de **QUEZEL & SANTA (1962-1963)** afin de détecter les nouveaux taxons du (O3).

#### **2.3.4. Etude du milieu physique**

Parmi les objectifs de cette étude est l'élaboration de cartes (partie 1- chapitre 2) par les étapes suivantes :

1. Extraction du M.N.T (résolution 12 m) à partir de l'image Radar.

2. Extraction des cartes dérivées à partir de M.N.T : Nous avons exploité le M.N.T issu de la mission S.T.R.M de la N.A.S.A, cette mission s'étalant sur 11 jours, qui a démarré le 11 février 2000 et a pour but d'établir un modèle numérique de terrain (M.N.T) de l'ensemble de la terre. La mission utilise l'interférométrie Radar. Ces données sont utilisées afin d'établir les couches d'information suivantes (figure 19) :

a- Cartes des pentes (figure 7-page 26): Les pentes sont l'inclinaison d'une surface par rapport au plan horizontal, elle calcule par la tangente à la surface dans le plan vertical. Cette carte est obtenue à partir d'analyse de M.N.T sous Vertical Mapper.

b- Carte hypsométrique (carte des altitudes) (figure 6-page 25) : Nous avons utilisé le Vertical Mapper pour présenter les classes d'altitude sous forme d'une carte.

c- Carte d' exposition (annexe 6) : Nous avons utilisé le Vertical Mapper pour présenter les classes d'exposition sous forme d'une carte.

e- Cartes hydrologique et des bassins versant (figure 17-page 45 ; annexe 6): Nous avons utilisé le River Tools pour présenter les différentes unités hydrologiques sous forme d'une carte.

f- Cartes du sol (annexe 6) : Nous avons digitalisé la carte pédologique, lithologique de **(B.N.E.D.E.R, 2011)**, puis nous avons extraire la zone d' étude.

g- Carte géologique (annexe 6) : Nous avons digitalisé la carte géologique de **(S.A.T.E.C, 1976)**, puis nous avons extraire la zone d' étude.

h- Carte d'occupation du sol (figure 15-page 39) : Afin d'élaborer la carte d'occupation de sol (2020), nous avons traité les images composées par ces trois néo-canaux (I.R, N.D.V.I et I.B) en appliquant une classification non dirigée par centres mobiles pour obtenir vers la fin deux cartes finales des états de surface qui apportent plus ou moins des connaissance fondamentales sur la zone d'étude. L'interprétation des quatre classes s'est faite en comparant les valeurs des indices par rapport aux données de contact de terrain et aussi l'image de la composition colorée (annexe 2).

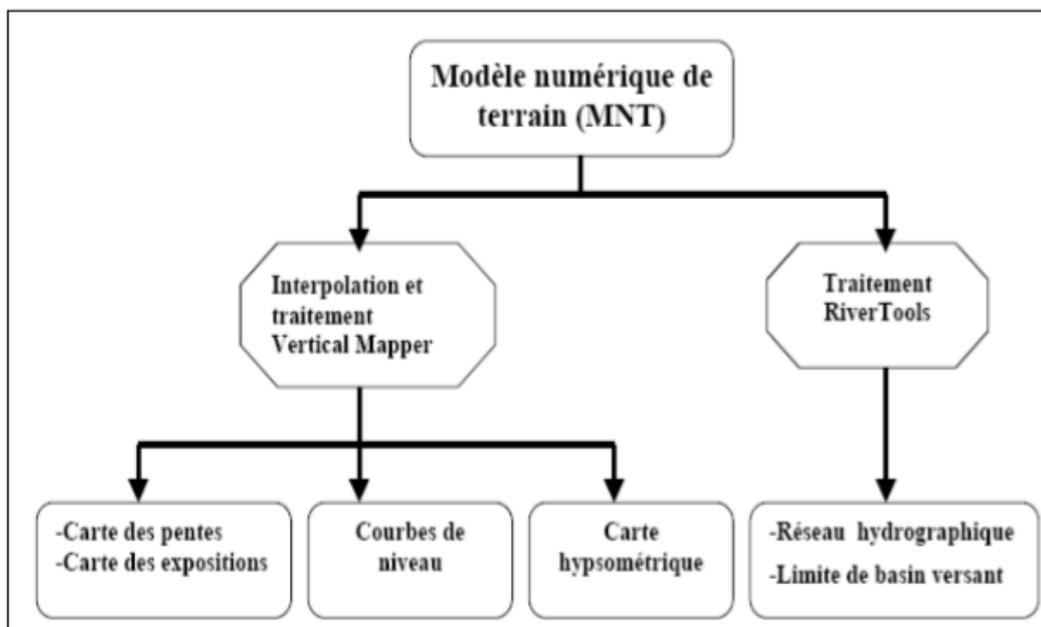


Figure 19. Méthode d'extraction des produits dérivés à partir du M.N.T (C.C.T, 1999).

### 2.3.5. Incidences de la pression anthropique sur la dégradation de la forêt de Doui Thabet

Pour évaluer l'impact des parcours forestiers dans la forêt de Doui Thabet, nos investigations ont porté essentiellement à mesurer d'une part les besoins annuels du cheptel en unités fourragères, potentialités fourragères de production, le déficit fourrager, le coefficient de surpâturage et l'indice de pression anthropique. En effet, cette tâche était indispensable pour cerner les indicateurs de dégradation des parcours et de la forêt et pouvoir présenter des données synthétiques pour l'ensemble de la zone d'étude.

#### a. Potentialités pastorales de la forêt

##### a.1. Estimation de la production pastorale

L'évaluation de la production fourragère en UF (unité fourragère) des différentes espèces de la forêt dénombrée a été estimée en se référant aux normes présentées par **LE HOUEROU en 1969** (tableau 13) :

Tableau 13. Production moyenne en UF des espèces.

Espèces de la forêt	Production en UF (HOUEROU, 1969)	Moyenne (UF) (Présente étude)
<i>Eucalyptus</i>	25-100 UF/ha/an	/
<i>Pinus</i>	25-100 UF/ha/an	62.5 UF/ha/an
<i>Quercus suber</i>	300 UF/ha/an	/
Les feuillues	50 UF/ha/an	50 UF/ha/an
Les résineux	40 UF/ha/an	40 UF/ha/an
Acacia	50- 125 UF/ha/an	/

##### a.2. Besoins en UF du cheptel

Pour la détermination des besoins du cheptel en U.F, on peut utiliser des normes qui ont été élaborées par **LE HOUEROU en 1969** et données par le tableau 14 :

**Tableau 14.** Besoin du cheptel en UF par type d'animal (**LE HOUEROU, 1969**).

Nature du cheptel	Besoin en U F (U F/an et par tête)
Ovins	400
Bovins	1200
Caprins	350

### **a.3. Charge animale : La charge réelle et la charge d'équilibre**

On peut déterminer la charge réelle et la charge d'équilibre de la façon suivante (**LE HOUEROU, 1969**) :

La charge réelle (Cr) = besoin total du cheptel en UF / par Besoins en UGB (U F d'un gros bétail).

Selon **LE HOUEROU (1969)** :

- 1 bovin représente 1UGB
- 3 ovins représentent 1UGB
- 4 caprins représentent 1UGB

Charge d'équilibre = c'est la production fourragère totale en U F / sur les besoins en U F d'un gros bétail.

### **b. Coefficient de surpâturage**

On peut déterminer le Coefficient de surpâturage de la façon suivante, Il est exprimé en pour cent de la charge d'équilibre (**LE HOUEROU, 1969**) :

$$S = 100 * (1 - Ce / Cr)$$

S : Coefficient de surpâturage.

Ce : Charge d'équilibre.

Cr : Charge réelle.

### **c. Indice de pression anthropique**

La méthode a été adoptée en Espagne par **MONTOYA** en **1983**, et ce uniquement en déterminant des constantes **K** pour chaque type de bétail en fonction de son poids et le déplacement dans les forêts de chêne-liège pour évaluer le rayon Buffer ou rayon concentrique du pâturage des animaux. Pour déterminer l'indice de pression, nous nous sommes amenés à inclure en plus de **K**, le nombre d'habitants par douar et la distance qui les sépare des placettes d'étude. Pour calculer cet indice, nous avons fait la somme de chaque type de bétail en le multipliant par son coefficient correspondant **K**, le nombre total des habitants et la distance séparant les douars des placettes. Cet indice est calculé pour l'ensemble de chaque série et est donné par l'équation suivante :

$$IPA = [((Nhd + k (\text{Nombre des bovins}) + k (\text{Nombre des ovins}) + k (\text{Nombre des caprins})) / D^2) * Sz] * 1000$$

Avec :

IPA : indice de pression anthropique

Nhd : nombre d'habitants par agglomération : 4978 (RGPH, 2019).

K : coefficient de pression du cheptel (3,7 pour les bovins, 1,7 pour les ovins et 1,9 pour les caprins)

D : distance séparant l'agglomération de la forêt calculée comme suit :

$$D = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2}$$

Où : X1 et Y1 sont les coordonnées réelles de la forêt et X2 et Y2 sont les coordonnées théoriques de la placette.

Donc : D= 0.38 et D<sup>2</sup>= 0.15

Sz : Surface totale de la zone de pâture en m<sup>2</sup> simulée à un cercle dont le rayon est la distance du douar à la placette (Rayon= 100 m) avec  $S_{\text{cercle}} = 3.14 * r^2 \implies S_{\text{cercle}} = 7850 \text{ m}^2$

A ce propos, nous avons établi cinq classes d'indice de pression comme le montre le tableau 15.

**Tableau 15.** Classes d'indice de pression anthropique (MONTROYA, 1983).

Classe d'indice de pression anthropique	Qualificatif de la classe
0-5	Faible
5-10	Moyen
10-15	Fort
15-20	Assez fort
> à 20	Très fort

# **Chapitre IV**

## **Résultats et Discussion**

## IV. Résultats et Discussion

### 1. Résultats

#### 1.1. Zones homo-écologiques

Suite à la superposition des différentes cartes thématiques et les prospections de terrain, nous avons dégagés sept zones homo-écologiques (tableau 16) :

**Tableau 16.** Caractérisation des zones échantillonnées dans la forêt de Doui Thabet.

Zone	Les conditions écologiques				
	Biotope	Sol	Altitude (m)	Pente (%)	Exposition
1	Maquis à Ciste	Sol brun siliceux	800 à 950	0 à 4	Nord-Ouest à Nord-Est
2	Ripisylve	sols bruns rouges à texture légère (apports alluvions)	580 à 600	0 à 3	Nord-Ouest à Nord-Est
3	Maquis à Thuya de berberie	Sol brun siliceux	720 à 897	3 à 11	Sud
4	Maquis à oléo-lentisque	Lithosol	900 à 1150	≥12	Nord-Est
5	Maquis à Thuya de berberie et Genevrier oxycédre	sols brun rouges à horizon humifère	900 à 1000	3 à 10	Sud
6	Matorral à Pin d'Alep	sols bruns rouges à texture sableuse	900 à 1203	0 à 6	Nord-Ouest à Nord-Est
7	Maquis à Romarin et Lavande	sols bruns rouges à texture sableuse	850 à 989	0 à 5	Plat

#### 1.2. Potentialités floristiques

##### 1.2.1. Richesse floristique

Les relevés phytoécologiques menés sur le terrain ont permis l'élaboration d'un listing exhaustif des espèces recensées dans la zone d'étude. Il renferme 344 taxons qui sont classés par famille dans un ordre alphabétique selon la nouvelle nomenclature de **DOBIGNARD & CHATELAIN (2010-2013)** (tableau 17 ; annexe 1). Aussi il nous a paru d'une grande importance de relever les espèces ayant un intérêt socio-économique d'une part et les espèces qui sont exposées aux différents fléaux que connaît la partie ouest algérienne à savoir les délits qu'ils soient surpâturage causant une atteinte à la richesse phytogénétique et/ou l'exploitation irrationnelle à des fins de thérapies traditionnelles.

**Tableau 17.** Catalogue floristique de la forêt domaniale de Doui Thabet.

Famille	Taxon
Aizoaceae	<i>Aptenia cordifolia</i> (L. f.) Schwantes.
Alliaceae	<i>Allium cupanii</i> Raf.
Anacardiaceae	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.
	<i>Pistacia lentiscus</i> L.
	<i>Pistacia terebinthus</i> L.
	<i>Rhus tripartita</i> (Ucria) Grande.
Araceae	<i>Arisarum vulgare</i> subsp. <i>simorrhinum</i> (Durieu) Maire & Weiller.
Arecaceae	<i>Chamaerops humilis</i> L.

Araliaceae	<i>Hedera helix</i> L.
Asteraceae	<i>Anacyclus clavatus</i> (Desf.) Pers.
	<i>Anacyclus pyrethrum</i> (L.) Link
	<i>Anacyclus valentinus</i> auct.
	<i>Andryala integrifolia</i> L.
	<i>Artemisia herba-alba</i> Asso
	<i>Asteriscus maritimus</i> (L.) Less.
	<i>Asteriscus spinosus</i> (L.) Sch. Bip.
	<i>Atractylis caespitosa</i> Desf.
	<i>Bellis annua</i> L.
	<i>Bellis sylvestris</i> Cirillo
	<i>Bombycilaena discolor</i> (Pers.) M. Lainz.
	<i>Calendula arvensis</i> (Vaill.)L
	<i>Calendula bicolor</i> Raf.
	<i>Calendula officinalis</i> L
	<i>Calendula suffruticosa</i> Vahl
	<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.). DC.
	<i>Carduus nutans</i> L.
	<i>Carduus pycnocephalus</i> L.
	<i>Catananche arenaria</i> Coss. & Durieu.
	<i>Catananche caerulea</i> L.
	<i>Centaurea acaulis</i> subsp. <i>boissieri</i> Maire
	<i>Cerithe aspera</i> auct.
	<i>Cichorium intybus</i> L.
	<i>Cirsium acarna</i> (L.) Moench
	<i>Cirsium echinatum</i> (Desf.) DC.
	<i>Cynoglossum cheirifolium</i> L.
	<i>Cynoglossum mathezii</i> Greuter & Burdet
	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter.
	<i>Echinops spinosus</i> L.
	<i>Echinops spinosissimus</i> subsp. <i>spinosissimus</i>
	<i>Filago pygmaea</i> L.
	<i>Filago pyramidata</i> L.
	<i>Hedypnois cretica</i> (L.) Dum. Cours.
	<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don
	<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench
	<i>Hieracium humile</i> Jacq.
	<i>Hyoseris radiata</i> L.
	<i>Hypochaeris radicata</i> L.
	<i>Inula Montana</i> L.
	<i>Leontodon saxatilis</i> Lam.
	<i>Leontodon tuberosus</i> L.
	<i>Mantisalca salmantica</i> (L.) Briq. & Cavill.
	<i>Micropus supinus</i> L.
	<i>Pallenis maritima</i> (L.) Greuter
	<i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass.
	<i>Phagnalon rupestre</i> (L.) DC.
	<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.
<i>Picnomon acarna</i> (L.) Cass.	
<i>Reichardia tingitana</i> (L.) Roth.	
<i>Rhaponticum acaule</i> (L.). DC.	
<i>Rhaponticum coniferum</i> (L.) Greuter	
<i>Scorzonera laciniata</i> L.	
<i>Scorzonera undulata</i> Vahl	
<i>Senecio vulgaris</i> L.	
<i>Scolymus grandiflorus</i> Desf.	
<i>Scolymus hispanicus</i> L.	

	<i>Sonchus maritimus</i> L.
	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.
	<i>Sonchus oleraceus</i> L.
	<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertn.
Asparagaceae	<i>Asparagus acutifolius</i> L.
	<i>Asparagus albus</i> L.
	<i>Dipcadi serotinum</i> (L.) Médi.
Asphodelaceae	<i>Asphodelus macrocarpus</i> Parl. subsp. <i>macrocarpus</i>
Aspleniaceae	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L.
	<i>Asplenium ceterach</i> L.
Apiaceae	<i>Ammi visnaga</i> (L.) Lam.
	<i>Bupleurum lancifolium</i> Hornem.
	<i>Bupleurum rigidum</i> L.
	<i>Bupleurum spinosum</i> Gouan.
	<i>Crithmum maritimum</i> L.
	<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>carota</i>
	<i>Eryngium tricuspdatum</i> L.
	<i>Ferula communis</i> L.
	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.
	<i>Helosciadium nodiflorum</i> (L.) W.D.J. Koch
	<i>Magydaris panacifolia</i> (Vahl) Lange.
	<i>Magydaris pastinacea</i> (Lam.) Paol. & Bég.
	<i>Scandix pecten-veneris</i> L.
	<i>Smyrniium Olusatrum</i> L.
<i>Thapsia garganica</i> L.	
<i>Thapsia villosa</i> L.	
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.
Boraginaceae	<i>Borago officinalis</i> L.
	<i>Echium australe</i> Lam.
	<i>Echium confusum</i> Coincy.
	<i>Echium italicum</i> L.
Brassicaceae	<i>Alyssum simplex</i> Rudolphi
	<i>Arabis recta</i> Vill.
	<i>Biscutella cichoriifolia</i> Loisel.
	<i>Cardamine hirsuta</i> L.
	<i>Carrichtera annua</i> (L.) DC.
	<i>Diplotaxis eruroides</i> (L.) DC.
	<i>Diplotaxis harra</i> (Forssk.) Boiss.
	<i>Diplotaxis virgata</i> (Cav.) DC.
	<i>Hirschfeldia incana</i> (L.) Lagr.-Foss.
	<i>Lepidium didymum</i> L.
	<i>Lobularia maritima</i> (L.) Desv.
	<i>Moricandia arvensis</i> (L.) DC.
	<i>Rhamnus alaternus</i> L. subsp. <i>alaternus</i>
	<i>Rhaphanus raphanistrum</i> L.
	<i>Rapistrum rugosum</i> (L.) All.
	<i>Sinapis alba</i> L.
	<i>Sinapis arvensis</i> L.
<i>Sisymbrium erysimoides</i> Desf.	
<i>Sisymbrium irio</i> L.	
<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.	
Capparaceae	<i>Capparis spinosa</i> L.
Caprifoliaceae	<i>Lonicera implexa</i> Aiton
Caryophyllaceae	<i>Silene coelirosa</i> (L.) Godr.
	<i>Silene colorata</i> Poir.
	<i>Silene vulgaris</i> (Moench) Garcke.
	<i>Silene laeta</i> (Aiton) A. Braun.

	<i>Vaccaria hispanica</i> (Mill.) Rauschert subsp. <i>hispanica</i> .
Cistaceae	<i>Cistus albidus</i> L.
	<i>Cistus creticus</i> L.
	<i>Cistus monspeliensis</i> L.
	<i>Cistus salviifolius</i> L.
	<i>Fumana thymifolia</i> (L.) Webb
	<i>Helianthemum cinereum</i> (Cav.) Pers.
	<i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers.
	<i>Helianthemum halimoides</i> Pomel.
	<i>Helianthemum pergamaceum</i> Pomel
	<i>Helianthemum syriacum</i> (Jacq.) Dum. Cours.
Colchicaceae	<i>Merendera filifolia</i> Cambess.
Convolvulaceae	<i>Convolvulus althaeoides</i> L.
	<i>Convolvulus cantabrica</i> L.
	<i>Convolvulus tricolor</i> L.
Cupressaceae	<i>Cupressus sempervirens</i> L.
	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.
	<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast.
Cucurbitaceae	<i>Bryonia dioica</i> Jacq.
Crassulaceae	<i>Sedum acre</i> L.
	<i>Sedum album</i> L.
	<i>Sedum caeruleum</i> L.
	<i>Sedum dasyphyllum</i> L.
	<i>Sedum rubens</i> L.
	<i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau
	<i>Umbilicus rupestris</i> (Salisb.) Dandy.
Dipsacaceae	<i>Scabiosa atropurpurea</i> f. <i>glabra</i> Font Quer.
	<i>Scabiosa stellata</i> L.
Ericaceae	<i>Arbutus unedo</i> L.
	<i>Erica arborea</i> L.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia falcata</i> L.
	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.
Fabaceae	<i>Anagyris foetida</i> L.
	<i>Anthyllis vulneraria</i> L.
	<i>Astragalus boeticus</i> L.
	<i>Astragalus caprinus</i> L.
	<i>Astragalus echinatus</i> Murray.
	<i>Astragalus epiglottis</i> L.
	<i>Astragalus gombo</i> Bunge.
	<i>Astragalus humilis</i> M. Bieb.
	<i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C. H. Stirt.
	<i>Calicotome spinosa</i> (L.) Link
	<i>Calicotome villosa</i> var. <i>intermedia</i> (C. Presl) Ball
	<i>Ceratonia siliqua</i> L.
	<i>Colutea arborescens</i> L.
	<i>Coronilla juncea</i> L.
	<i>Coronilla valentina</i> L.
	<i>Cytisus arboreus</i> (Desf.) DC.
	<i>Cytisus monspessulanus</i> L.
	<i>Cytisus triflorus</i> L'Hér.
	<i>Cytisus villosus</i> Pourr.
	<i>Ebenus pinnata</i> Aiton
	<i>Erinacea anthyllis</i> Link.
	<i>Genista cinerea</i> (Vill.) DC.
	<i>Genista hirsuta</i> subsp. <i>eriolada</i> (Spach) Raynaud.
<i>Hedysarum aculeolatum</i> Munby ex Boiss.	
<i>Hedysarum pallidum</i> Desf.	

	<i>Lathyrus tingitanus</i> L.
	<i>Lotus ornithopodioides</i> L.
	<i>Lupinus luteus</i> L.
	<i>Medicago intertexta</i> (L.) Mill.
	<i>Medicago marina</i> L.
	<i>Medicago polymorpha</i> L.
	<i>Medicago sativa</i> L.
	<i>Melilotus indicus</i> (L.) All.
	<i>Ononis viscosa</i> L.
	<i>Pisum sativum</i> L.
	<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb.
	<i>Trifolium campestre</i> Schreb.
	<i>Trifolium cherleri</i> L.
	<i>Trifolium tomentosum</i> L.
	<i>Vicia monantha</i> Retz.
	<i>Vicia sativa</i> L.
	<i>Vicia onobrychioides</i> L.
Fagaceae	<i>Quercus coccifera</i> L.
	<i>Quercus faginea</i> Lam.
	<i>Quercus ilex</i> L.
Frankeniaceae	<i>Frankenia laevis</i> L.
Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn.
	<i>Centaurium spicatum</i> (L.) Fritsch.
Geraniaceae	<i>Erodium chium</i> (L.) Willd.
	<i>Erodium ciconium</i> (L.) L'Hér.
	<i>Erodium malacoides</i> (L.) L'Hér.
	<i>Erodium moschatum</i> (L.) L'Hér.
Globulariaceae	<i>Globularia alypum</i> L.
Hyacinthaceae	<i>Ornithogalum baeticum</i> Boiss.
	<i>Ornithogalum comosum</i> L.
	<i>Ornithogalum umbellatum</i> L.
	<i>Prospero autumnale</i> (L.) Speta
Illecebraceae	<i>Paronychia argentea</i> Lam.
Iridaceae	<i>Gladiolus italicus</i> Mill.
	<i>Iris tingitana</i> Boiss. & Reut.
	<i>Iris planifolia</i> (Mill.) T. Durand & Schinz.
	<i>Iris sisyrinchium</i> L.
	<i>Iris unguicularis</i> Poir.
Juncaceae	<i>Juncus capitatus</i> Weigel.
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.
Lamiaceae	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb.
	<i>Ballota hirsuta</i> L.
	<i>Cleonia lusitanica</i> (L.) L.
	<i>Lamium purpureum</i> L.
	<i>Lavandula dentata</i> L.
	<i>Lavandula stoechas</i> L.
	<i>Marrubium vulgare</i> L.
	<i>Mentha pulegium</i> L.
	<i>Nepeta apuleii</i> Ucria
	<i>Nepeta multibracteata</i> Desf.
	<i>Phlomis herba-venti</i> subsp. <i>pungens</i> (Willd.) Maire ex DeFilipps.
	<i>Rosmarinus eriocalyx</i> Jord. & Fourr.
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.
	<i>Salvia argentea</i> L.
	<i>Stachys officinalis</i> (L.) Trevis.
	<i>Stachys ocymastrum</i> (L.) Briq.
	<i>Teucrium flavum</i> L.

	<i>Teucrium fruticans</i> L.
	<i>Teucrium pollium</i> L.
	<i>Teucrium pseudochamaepitys</i> L.
	<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut.
	<i>Thymus capitatus</i> (L.) Hoffmanns. & Link.
	<i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth.
	<i>Thymus fontanesii</i> Boiss. & Reut. = <i>T. pallescens</i> de Noé.
	<i>Thymus hirtus</i> Willd.
	<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>abylaeus</i> (Font Quer & Maire) Greuter & Burdet.
	<i>Thymus numidicus</i> Poir.
Lilliaceae	<i>Leopoldia comosa</i> (L.) Parl.
	<i>Tulipa sylvestris</i> L.
Linaceae	<i>Linum strictum</i> L.
	<i>Linum suffruticosum</i> L.
Lythraceae	<i>Lythrum acutangulum</i> Lag.
Malvaceae	<i>Malva aegyptia</i> L.
	<i>Malva parviflora</i> L.
	<i>Malva sylvestris</i> L.
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.
Myritaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.
Neuradaceae	<i>Neurada procumbens</i> L.
Oleaceae	<i>Fraxinus angustifolia</i> Vahl.
	<i>Jasminum fruticans</i> L.
	<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>sylvestris</i>
	<i>Phillyrea latifolia</i> L.
	<i>Phillyrea angustifolia</i> L. subsp. <i>angustifolia</i>
Orchidaceae	<i>Ophrys lutea</i> Cav.
	<i>Ophrys speculum</i> Link subsp. <i>speculum</i>
	<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>tenthredinifera</i> .
	<i>Anacamptis papilionacea</i> (L.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase subsp. <i>papilionacea</i> .
	<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó
	<i>Himantoglossum robertianum</i>
Orobanchaceae	<i>Orobanche gracilis</i> Sm.
	<i>Orobanche schultzei</i> Mutel.
Oxalidaceae	<i>Oxalis cernua</i> Thunb.
Papaveraceae	<i>Papaver hybridum</i> L.
	<i>Papaver rhoeas</i> L.
	<i>Papaver pinnatifidum</i> Moris.
Pinaceae	<i>Pinus halepensis</i> Mill.
Plantaginaceae	<i>Plantago coronopus</i> L.
	<i>Plantago lagopus</i> L.
	<i>Plantago lanceolata</i> L.
	<i>Plantago serraria</i> L.
Poaceae	<i>Aegilops triuncialis</i> L.
	<i>Ampelodesmos mauritanicus</i> (Poir.) T. Durand & Schinz.
	<i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski.
	<i>Arundo donax</i> L.
	<i>Avena barbata</i> Pott ex Link.
	<i>Avena sterilis</i> L.
	<i>Briza maxima</i> L.
	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
	<i>Echinaria capitata</i> (L.) Desf.
	<i>Phragmites communis</i> Trin.
	<i>Poa bulbosa</i> L.
	<i>Stipa capensis</i> Thunb.
	<i>Vulpia geniculata</i> (L.) Link.
Polygalaceae	<i>Polygala rupestris</i> Pourr.

Polygonaceae	<i>Rumex bucephalophorus</i> L.
	<i>Rumex conglomeratus</i> Murray.
	<i>Rumex pulcher</i> L.
Primulaceae	<i>Anagallis arvensis</i> L.
	<i>Anagallis monelli</i> L.
	<i>Coris monspeliensis</i> L.
Pteridaceae	<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.
	<i>Cheilanthes acrostica</i> (Balb.) Tod.
Rafflesiaceae	<i>Cytinus hypocistis</i> (L.) L.
Ranunculaceae	<i>Adonis aestivalis</i> L.
	<i>Adonis annua</i> L.
	<i>Adonis dentata</i> auct.
	<i>Clematis cirrhosa</i> L.
	<i>Clematis flammula</i> L.
	<i>Delphinium peregrinum</i> L.
	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.
	<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf. <i>Ranunculus millefoliatus</i> auct. = <i>Ranunculus fibrosus</i> Pomel.
Resedaceae	<i>Reseda alba</i> L.
	<i>Reseda lutea</i> L.
Rhamnaceae	<i>Rhamnus alternus</i> L.
	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.
Rosaceae	<i>Crataegus oxyacantha</i> var. <i>monogyna</i> (Jacq.) Batt.
	<i>Rosa canina</i> L.
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.
	<i>Sanguisorba minor</i> subsp. <i>vestita</i> (Pomel) Maire.
	<i>Potentilla recta</i> L.
Rubiaceae	<i>Asperula hirsuta</i> Desf.
	<i>Galium aparine</i> L.
	<i>Galium mollugo</i> L.
	<i>Galium rotundifolium</i> L.
	<i>Rubia peregrina</i> L.
Ruscaceae	<i>Ruscus aculeatus</i> L.
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.
	<i>Ruta montana</i> (L.) L.
Salicaceae	<i>Salix pedicellata</i> Desf.
	<i>Populus alba</i> L.
Santalaceae	<i>Osyris alba</i> L.
Scrophulariaceae	<i>Bartsia trixago</i> L.
	<i>Scrofularia</i> Spreng.
	<i>Verbascum sinuatum</i> L.
Sinopteridaceae	<i>Cosentinia vellea</i> (Aiton) Tod.
Simaroubaceae	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.)
Smilacaceae	<i>Smilax aspera</i> L.
Solanaceae	<i>Datura meteloides</i> Dunal.
	<i>Nicotiana glauca</i> Graham.
Tamariaceae	<i>Tamarix africana</i> Poir.
Thymelaeaceae	<i>Daphne gnidium</i> L.
	<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl.
	<i>Thymelaea virescens</i> Meisn.
Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.
	<i>Urtica urens</i> L.
Valerianaceae	<i>Fedia cornucopiae</i> (L.) Gaertn. var. <i>cornucopiae</i> .
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i> L.

### 1.2.2. La flore rare, endémique et menacée

L'analyse menée sur le listing des espèces recensées sur le terrain d'une part et l'utilisation des catalogues établis par les instances gouvernementales (J.O.R.A, 2012) concernant les espèces à valoriser et/ou menacées d'autre part nous a permis de dégager les plantes endémiques, rares et protégées. Nous avons pu dégager 26 taxons endémiques, 30 rares et 9 protégés, selon la nouvelle nomenclature de DOBIGNARD et CHATELAIN (2010-2013) (tableau 18 ; Annexe 1) :

**Tableau 18.** La flore rare, endémique et protégée de la zone d'étude.

Taxon	Rareté	Endémisme	Protégé	Famille	Type biologique	Habitat
<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	-	-	Protégé en Algérie	Anacardiaceae	Ph	Falaise et maquis
<i>Asteriscus spinosus</i> (L.) Sch. Bip. *	Très rare	-	-	Asteraceae	Th	Maquis et matorral
<i>Atractylis caespitosa</i> Desf. *	Rare	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Asteraceae	Ch	Maquis et matorral
<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC.	Rare	-	-	Asteraceae	He	Maquis incendié
<i>Hieracium humile</i> Jacq.*	-	End. Alg	Protégé en Algérie	Asteraceae	He	Maquis incendié
<i>Rhaponticum acaule</i> (L.) DC.*	-	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Asteraceae	He	Ripisylve
<i>Crithmum maritimum</i> L.*	Rare	-	-	Apiaceae	Th	Ripisylve
<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>carota</i>	Rare	-	-	Apiaceae	He	Maquis incendié
<i>Magydaris panacifolia</i> (Vahl) Lange.*	Rare	-	-	Apiaceae	Th	Maquis incendié
<i>Echium australe</i> Lam.*	Rare	-	-	Boraginaceae	Th	Ripisylve
<i>Echium confusum</i> Coincy.*	Assez rare	-	-	Boraginaceae	Th	Ripisylve
<i>Biscutella cichoriifolia</i> Loisel.*	Très rare	-	Protégé en Algérie	Brassicaceae	Th	Ripisylve
<i>Rhamnus alaternus</i> L. subsp. <i>alaternus</i> *	-	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Brassicaceae	Th	Maquis incendié
<i>Thlaspi perfoliatum</i> L.*	-	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Brassicaceae	Th	Maquis incendié
<i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers.	Assez rare	End. Alg.Mar Tun	-	Cistaceae	Th	Maquis incendié
<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	-	-	Protégé en Algérie	Cupressaceae	Ph	Matorral
<i>Hedera helix</i> L.*	-	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Araliaceae	Ch	Ripisylve

<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast.	-	-	Protégé en Algérie	Cupressaceae	Ph	Matorral
<i>Sedum acre</i> L.*	Assez rare	-	-	Crassulaceae	He	Ripisylve
<i>Cytisus triflorus</i> L'Hér.*	Rare	-	-	Fabaceae	Ch	Matorral
<i>Ebenus pinnata</i> Aiton	-	End. Alg.Mar Tun	-	Fabaceae	Th	Maquis incendié
<i>Genista hirsuta</i> subsp. <i>eriodlada</i> (Spach) Raynaud.*	Assez rare	End. Alg.Mar	Protégé en Algérie	Fabaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Hedysarum aculeolatum</i> Munby ex Boiss.	-	End. Alg.Mar	-	Fabaceae	He	Matorral
<i>Hedysarum pallidum</i> Desf.	-	End. Alg.Mar Tun	-	Fabaceae	He	Matorral
<i>Quercus faginea</i> Lam.*	Rare	-	-	Fagaceae	Ph	Ripisylve et falaise
<i>Iris tingitana</i> Boiss. & Reut.*	-	End. Alg.Mar	-	Iridaceae	Ge	Maquis dégradé
<i>Iris planifolia</i> (Mill.) T. Durand & Schinz.*	Assez rare	End. Alg.Mar Tun Lib	/	Iridaceae	Ge	Maquis dégradé
<i>Iris unguicularis</i> Poir.*	-	End. Alg.Tun	-	Iridaceae	Ge	Maquis dégradé
<i>Laurus nobilis</i> L.*	Trés rare	-	-	Lauraceae	Ph	Sommet des monts
<i>Lamium purpureum</i> L.*	Rare	-	-	Lamiaceae	Th	Maquis
<i>Nepeta multibracteata</i> Desf.*	Rare	-	-	Lamiaceae	He	Maquis
<i>Rosmarinus eriocalyx</i> Jord. & Fourr.	-	-	-	Lamiaceae	Ch	Maquis
<i>Teucrium fruticans</i> L.*	Rare	-	-	Lamiaceae	Ch	Maquis et ripisylve
<i>Teucrium pollium</i> L.	-	-	Protégé en Algérie	Lamiaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Thymus algeriensis</i> Boiss. & Reut.	-	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Lamiaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Thymus ciliatus</i> (Desf.) Benth.	Assez rare	End. Alg.Mar.	-	Lamiaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Thymus fontanesii</i> Boiss. & Reut. = <i>T. pallescens</i> de Noé.	-	End. Alg.Mar	-	Lamiaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Thymus munbyanus</i> subsp. <i>abylaeus</i> (Font Quer & Maire) Greuter & Burdet.	-	End. Mar	-	Lamiaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Thymus numidicus</i> Poir.*	-	End. Alg.Tun	-	Lamiaceae	Ch	Maquis dégradé
<i>Lythrum acutangulum</i> Lag.	Assez rare	-	-	Lythraceae	Th	Ripisylve

<i>Phillyrea angustifolia</i> L. subsp. <i>angustifolia</i>	Rare	-	-	Oleaceae	Ph	Maquis
<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>tenthredinifera</i> .*	-	End. Alg.Mar Tun Lib	-	Orchidaceae	Ge	Maquis dégradé
<i>Anacamptis papilionacea</i> (L.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase subsp. <i>papilionacea</i> .*	Assez rare	End. Alg.Lib.	Protégé en Algérie	Orchidaceae	Ge	Maquis dégradé
<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó*	Rare	-	NT (quasi menacée)	Orchidaceae	Ge	Maquis dégradé
<i>Cytinus hypocistis</i> (L.) L.	Très rare	-	-	Rafflesiaceae	He	Matorral
<i>Clematis flammula</i> L.*	Très rare	-	-	Ranunculaceae	Ch	Ripisylve
<i>Ranunculus macrophyllus</i> Desf.*	Rare	End. Alg.Mar	-	Ranunculaceae	He	Maquis
<i>Ranunculus millefoliatus</i> auct. = <i>Ranunculus fibrosus</i> Pomel.*	Rare	End. Alg.Mar	-	Ranunculaceae	He	Maquis
<i>Rhamnus alternus</i> L.*	-	End. Alg.Mar Tun Lib.	-	Rhamnaceae	Ch	Maquis
<i>Sanguisorba minor</i> subsp. <i>vestita</i> (Pomel) Maire.*	Très rare	End. Alg.Mar	-	Rosaceae	Th	Ripisylve
<i>Thymelae avirescens</i> Meisn.*	Très rare	End. Alg.Mar	-	Thymelaeaceae	Th	Ripisylve

\* : Les 32 taxons rares, endémiques et protégés non recensés par **DJEBBOURI et TERRAS (2019)**.

Endémique nord-africaine (End NA), endémique algéro-tunisienne (End Alg- Tun), endémique algéro-marocaine (End Alg-Tun), endémique algérienne (End Alg), Med : méditerranéenne, Euras : eurasiatique, Sah : saharienne, Eur : européenne, Bor : boréale, Cosm : cosmopolite, Trop : Tropical, néotropical, Med-Id-Tour : méditerranéenne irano-touranienne, Méd-Sah-Sin : méditerrané-saharo-sindienne, Méd-As : méditerranéenne asiatique, Eur-Méd : Euro-méditerranéenne, Alt-Méd : Atlantique méditerranéenne et Ibér-Maur : Ibéro mauritanienne Thermosubcosm. Ph : Phanérophytes Ch : Chamaephytes Th : Thérophytes He : Hémicryptophytes Ge : Géophytes

### 1.2.3. La flore médicinale

#### a- Analyse floristique et usage médicinal local

A partir des fiches techniques ethnobotaniques et des différentes enquêtes auprès des tradi-praticiens nous avons élaboré un listing des espèces et leurs utilités en médecine traditionnelle (tableau 19 ; annexe 3). Nous nous sommes basé sur les données qui existent sur les fiches techniques. Le tableau 19 résume l'essentiel des maladies qui sont traitées par l'utilisation des plantes qui poussent dans la zone d'étude. Pour plus d'informations sur les taxons nous avons donné les noms vernaculaires des taxons.

**Tableau 19.** Catalogue ethno-floristique de la zone de Doui Thabet.

Famille botanique	Taxon	Nom local	Utilisation
Alliaceae	<i>Allium cupanii</i> Raf.	Besal hmar	Abcès cutané, Anti bactérien, antibiotique, antimycosique
Anacardiaceae	<i>Pistacia atlantica</i> Desf.	Betame	Rhumatisme, douleurs du tube digestif
	<i>Pistacia lentiscus</i> L.	Daroue	Rhumatisme, douleurs du tube digestif
	<i>Pistacia terebinthus</i> L.	/	Antalgique, anti inflammatoire, antispasmodique.
	<i>Rhus tripartita</i> (Ucria) Grande.	Semak	douleurs du tube digestif
Arecaceae	<i>Chamaerops humilis</i> L	Doume	antidiabétique.
Asparagaceae	<i>Asparagus acutifolius</i> L.	Sekoume	Aphrodisiaque Ouvre l'appétit,
	<i>Asparagus albus</i> L.	Sekoume abiad	Aphrodisiaque Ouvre l'appétit,
Asteraceae	<i>Artemisia herba-alba</i> Asso	Cheih	Elimine les vers intestinaux, Traite l'appareil génital femelle, le vomissement chez les bébés,
	<i>Atractylis caespitosa</i> Desf.	/	rhumatisme
	<i>Centaurea acaulis</i> subsp. <i>boissieri</i> Maire	/	douleurs du tube digestif
	<i>Echinops spinosus</i> L.	Tasekra	Traite les affections de l'appareil génital
	<i>Echinops spinosissimus</i> subsp. <i>spinosissimus</i>	Tasekra	Traite les affections de l'appareil génital
	<i>Inula Montana</i> L.	Maguramane	Plaies, Rhumatisme.
	<i>Scolymus grandiflorus</i> Desf.	Garnina	douleurs du tube digestif (Estomac, colon)
	<i>Scolymus hispanicus</i> L.	Garnina	douleurs du tube digestif (Estomac, colon)
	<i>Sonchus maritimus</i> L.	Garnina	douleurs du tube digestif
	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	Taoura	la typhoïde.
Apiaceae	<i>Ammi visnaga</i> (L.) Lam.	Khela	Relaxant, vasodilatateur Diurétique
	<i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>carota</i>	Bozofora	Rhumatisme, grippe, appareil génital chez les femmes après accouchement
	<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	Besbas	Anti flatulente, expectorante
	<i>Thapsia garganica</i> L.	Bounafaa	Anti-inflammatoire, antiseptique, diurétique, vermifuge.
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	Defla	Cardiotonique, diurétique.
Brassicaceae	<i>Cardamine hirsula</i>	/	Anti inflammatoire.
	<i>Rhaphanus raphanistrum</i> L.	/	douleurs du tube digestif (Estomac, colon)
Cupressaceae	<i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast.	Araare	Toux, grippe, Antirhumatismale

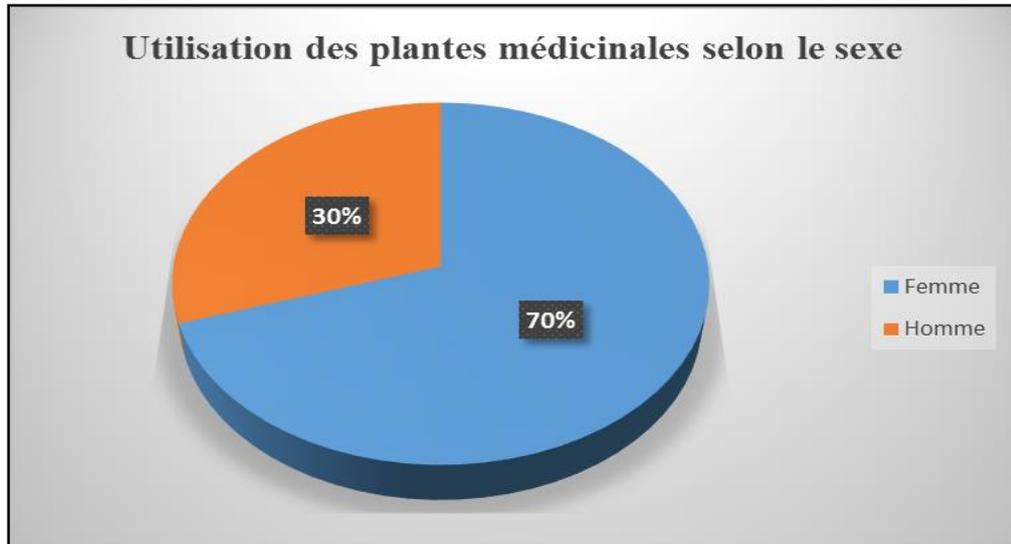
	<i>Juniperus oxycedrus</i> L.	Taga	Rhumatisme, grippe.
	<i>Cupressus sempervirens</i> L.	Araare nsara	Respiration
Ericaceae	<i>Arbutus unedo</i> L.	Lanj	Diarrhée, favorise la circulation sanguine.
Fabaceae	<i>Retama raetam</i> (Forssk.) Webb.	Reteme	l'estomac, Coulons et détersif,
	<i>Ceratonia siliqua</i>	Kharoube	Coulons, L'estomac.
	<i>Vicia sativa</i> L.	Kersane	
Fagaceae	<i>Quercus ilex</i> L.	Balout	appareil urinaire, douleur de l'estomac et colon.
Gentianaceae	<i>Centaurium erythraea</i> Rafn.	Haya	estomac, colon.
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.	Rand	Grippe,
Lamiaceae	<i>Ajuga iva</i> (L.) Schreb.	Chengura	Antirhumatisme, antiseptique, hypoglycémiant, hypotenseur, tonique, fébrifuge, diurétique, antispasmodique, stomachique.
	<i>Lavandula dentata</i> L.	Khezama	Stérilité féminine et maladies de l'utérus, Douleur de l'estomac, diarrhée, les reins, céphalée et Cholestérol.
	<i>Lavandula stoechas</i> L.	Khezama	Stérilité féminine et maladies de l'utérus, Douleur de l'estomac, diarrhée, les reins, céphalée et Cholestérol.
	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Meriwia	Plaie, Fièvre, Infection, Rhumatisme.
	<i>Mentha pulegium</i> L.	Mersata	Grippe, appareil génital, Douleur de l'estomac, appareil urinaire.
	<i>Nepeta apuleii</i> Ucria	/	stérilité féminine et les maladies de l'utérus
	<i>Nepeta multibracteata</i> Desf.	/	stérilité féminine et les maladies de l'utérus
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Yazir	stérilité féminine et les maladies de l'utérus, Diabète, toux, Rhumatisme, Colon post-accouchement,
	<i>Teucrium flavum</i> L.	Jaaida	Anti-inflammatoire, astringent,, fébrifuge (paludisme), hypoglycémiant,
		<i>Thymus</i>	Zaatar
Linaceae	<i>Linum strictum</i> L.	Ketane	Laxatif, antioxydant, nutritif pour le cerveau,
	<i>Linum suffruticosum</i> L.	Ketane	Laxatif, nutritif pour le cerveau,
Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i> L.	Khobiz	Douleur du colon
Moraceae	<i>Ficus carica</i> L.	Karmous	Verrues, Constipation.
Myritaceae	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Klitous	La grippe, rhume, sinusite et fièvre
Oleaceae	<i>Phillyrea latifolia</i> L.	Ketem	Douleur de l'estomac

	<i>Olea europaea</i> L. subsp. <i>sylvestris</i>	Zebouj	Diabète, Cholestérol, la gencive, des aphtes et les mauvaises haleines, la toux, le rhume,
Papaveraceae	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Kerchache	vomissement
Pinaceae	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	Snobar/tayda	infections chez le bébé, lactaire,
Plantaginaceae	<i>Plantago coronopus</i> L.	Massasa	abcès cutané, Astringent, anti diarrhéique, cicatrisant.
Poaceae	<i>Phragmites communis</i> Trin.	Kesab	Fracture
Ranunculaceae	<i>Clematis flammula</i> L.	Barda	soigne les brûlures.
	<i>Delphinium peregrinum</i> L.	El ras	traitement antichute et anti-poux.
	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	/	Antiseptique, irritante et toxique.
Rhamnaceae	<i>Rhamnus alternus</i> L.	Melilas	Rhumatisme, lactaire, appareil génital.
	<i>Ziziphus lotus</i> (L.) Lam.	Sedra	Rhumatisme, Diabète,
Rosaceae	<i>Crataegus oxyacantha</i> var. <i>monogyna</i> (Jacq.) Batt.	Ain Bakra	Système sanguin, Cholestérol, douleur de l'estomac
	<i>Rosa canina</i> L.	/	Douleur de l'estomac
	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott.	Toute	Diurétique, Astringente
Rubiaceae	<i>Rubia peregrina</i> L.	Fowa	Lactaire, constipation, anémie, Diabète.
Rutaceae	<i>Ruta chalepensis</i> L.	Fijel	Infections, appareil génital, toux, rhumes, grippe, Diabète
	<i>Ruta montana</i> (L.) L.	Fijel	Infections, l'appareil génital, toux, les rhumes, grippe, Diabète
Salicaceae	<i>Populus alba</i> L.	Safsaf	Allergie
Tamariaceae	<i>Tamarix africana</i> Poir.	Ariche/Tarfa	Fièvre
Thymelaeaceae	<i>Daphne gnidium</i> L.	Lazaz	Sinusite, migraine
	<i>Thymelaea hirsuta</i> (L.) Endl.	Jaida	Les femmes qui souhaitent devenir enceintes (stérilité)
	<i>Thymelaea virescens</i> Meisn.	Jaida	Les femmes qui souhaitent devenir enceintes (stérilité)
Zygophyllaceae	<i>Peganum harmala</i> L.	Harmel	stérilité féminine et les maladies de l'utérus, Rhumatisme, les vers intestinaux.

Dans le souci de connaître qui utilise le plus les plantes les questions des fiches techniques s'orientées vers le sexe, l'âge, le niveau intellectuel etc. Les analyses nous apportent des informations intéressantes.

### **b. Utilisation des plantes médicinales selon le sexe**

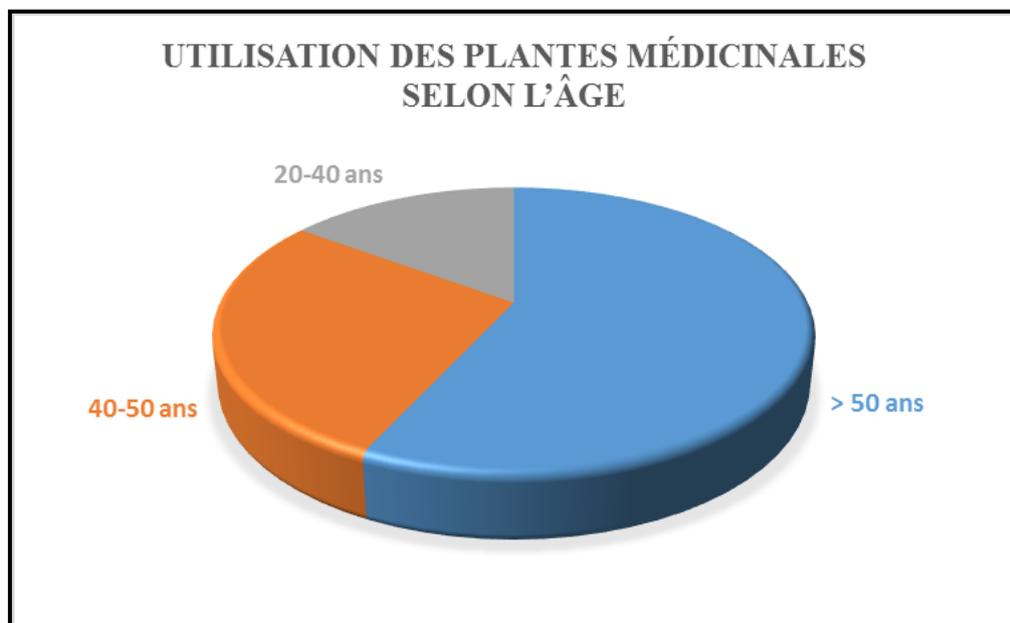
Les femmes utilisent beaucoup plus les plantes que les hommes. En effet, l'analyse des fiches techniques montre que 30 % des utilisateurs de la médecine traditionnelle sont des hommes et 70 % sont des femmes (figure 20).



**Figure 20.** Utilisation des plantes médicinales selon le sexe.

**c. Utilisation des plantes médicinales selon l'âge**

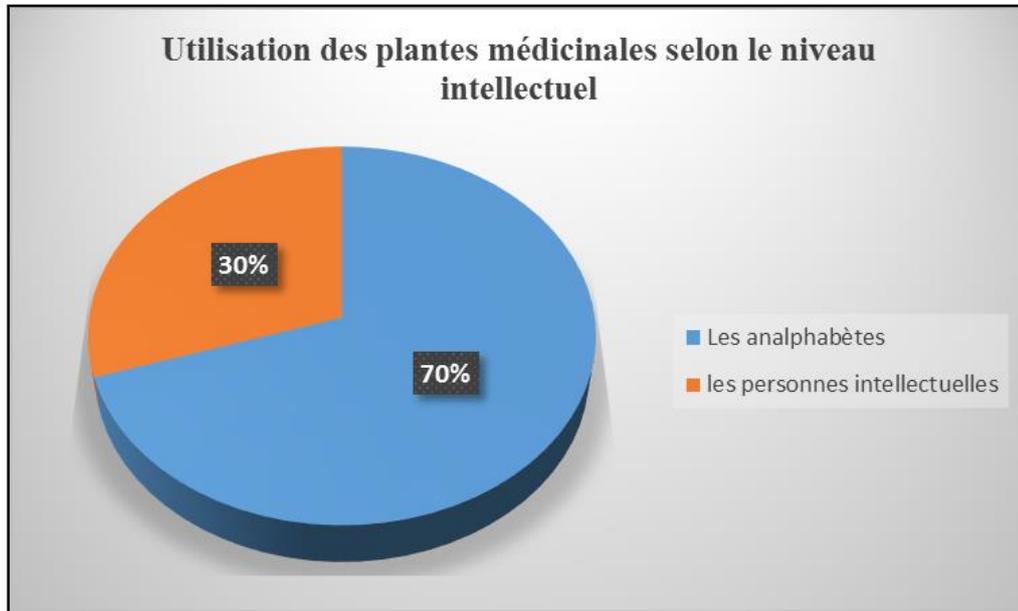
Nous avons constaté que toutes les tranches d'âge utilisent les plantes médicinales. L'analyse montre que 57 % des personnes de plus de 50 ans utilisent les plantes. Cependant, pour la tranche d'âge de 40 à 50 ans, on note un taux de 28 % et pour les jeunes de 20 à 40 ans on note un taux de 15 %. Cette dernière tranche d'âge accorde peu d'intérêt aux plantes médicinales. Nos résultats montrent que les personnes qui appartiennent à la classe d'âge > 40 ans utilisent beaucoup plus les plantes que les autres (figure 21).



**Figure 21.** Utilisation des plantes médicinales selon l'âge.

**d. Utilisation des plantes médicinales selon le niveau intellectuel**

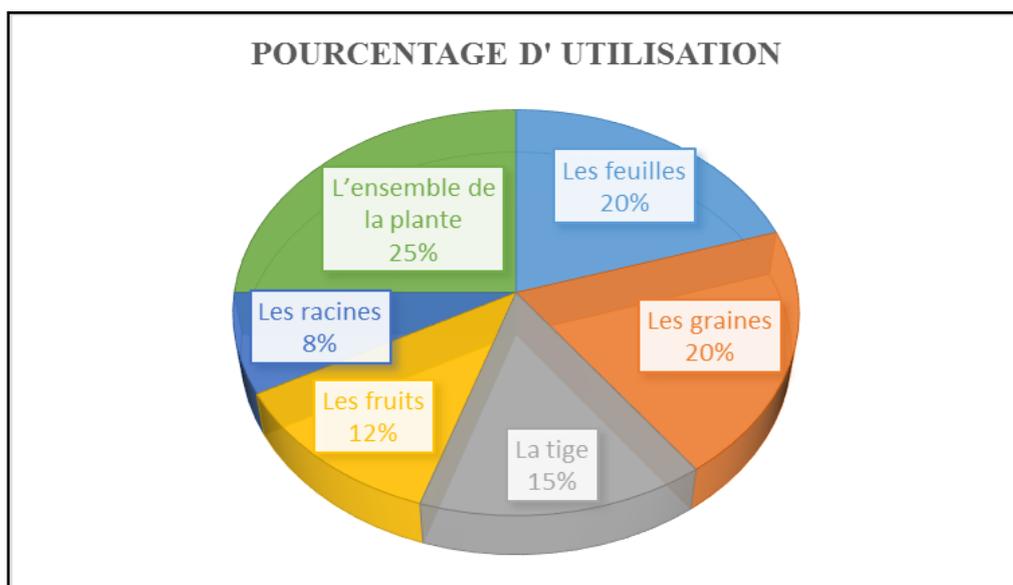
Les analphabètes sont les personnes qui utilisent le plus la phytothérapie traditionnelle (70 %). Ceci peut s'expliquer par le transfert des informations de génération à génération. Cependant les intellectuels utilisent peu les plantes médicinales (30 %) (figure 22).



**Figure 22.** Utilisation des plantes médicinales selon le niveau intellectuel.

**e. Parties utilisées**

Toutes les parties de la plante sont utilisées à des degrés différents. Les feuilles et les graines sont les plus utilisées (20 %). La tige et les fruits occupent la deuxième position avec un pourcentage respectif de 15 % et 12 %. Viennent ensuite les racines avec un taux de 8 %. Notons aussi que la plante peut être utilisée tout entière avec un taux de 25 % (figure 23).



**Figure 23.** Répartition des pourcentages des différentes parties utilisées.

#### **f. Fiabilité des traitements à base de plantes**

Selon les informations recueillies auprès de la population, 60% pensent que les plantes médicinales utilisées permettent la guérison des maladies, alors que 40% croient que les plantes médicinales provoquent des toxicités et aggravent la maladie.

#### **g. Maladies traitées**

L'analyse des résultats montre que les espèces inventoriées sont très convoitées et de nombreuses personnes les utilisent à des fins différentes en fonction des maladies. Les principales affections traitées sont : les troubles digestifs (30 %), troubles urogénitaux (15%), soins des cheveux (6 %), des affections cutanées (10 %), troubles respiratoires (10 %), maladies rénales (6 %) et autres (23 %).

L'analyse floristique montre que 73 taxons inventoriés sont utilisés en médecine traditionnelle. Elles sont réparties en 62 genres et 31 familles botaniques dont 29 appartiennent à l'embranchement des Angiospermes. L'embranchement des Gymnospermes est représenté par 4 espèces appartenant à 2 familles (Pinaceae et Cupressaceae). Sur les 31 familles identifiées, trois familles dominent nettement cette flore, elles totalisent à elles seules 20 espèces, soit 32.85 % de l'effectif total. Les familles les plus importantes numériquement sont :

- Asteraceae : 10 espèces, soit 13.69 % ;
- Anacardiaceae : 4 espèces, soit 5.47 % ;
- Lamiaceae : 10 espèces, soit 13.69%.

Les femmes utilisent beaucoup plus les plantes médicinales et aromatiques que les hommes. Les femmes de ces zones rurales exploitent leurs savoirs ancestraux au sein même de leur propre foyer. C'est un savoir qui est transmis de mère à fille et/ou de famille à famille. Notons aussi que le niveau socio-intellectuel a sa part dans la médecine traditionnelle d'une part et aussi le niveau socio-économique d'autre part.

Nos résultats montrent aussi, que les personnes qui appartiennent à la classe d'âge > 40 ans utilisent beaucoup plus les plantes que les autres. Ceci peut être expliqué par le fait que les personnes âgées font confiance à la médecine de nos ancêtres du fait des résultats significatifs obtenus lors de l'application de ces plantes. Notons aussi que les médicaments conventionnels sont plus onéreux ce qui favorise la valorisation des espèces médicinales locales. D'ailleurs nous avons constaté que de nombreuses familles sèchent et stockent certaines plantes chez elles c'est le cas de: *Marubium, Ammoides, Nerium, Laurus, Artemisia, Lavandula, Rosmarinus* etc.

Les analphabètes sont les personnes qui utilisent le plus la phytothérapie traditionnelle (70 %). Ceci peut s'expliquer par le transfert des informations de génération à génération. Cependant les intellectuels utilisent peu les plantes médicinales (30 %).

### 1.2.4. Orchidoflore

L'utilisation de la méthode d'échantillonnage mixte, nous a permis de bien d'inventorier l'orchidoflore de la zone de Doui Thabet, représentée par 5 taxons appartenant à 3 genres (tableau 20 ; annexe 1) :

**Tableau 20.** L'orchidoflore de la zone de Doui Thabet.

N°	Taxon	Rare	End	Protégé en Algérie	(UICN Méditerranée + E. Véla, inédit)
1	<i>Anacamptis papilionacea</i> (L.)	AR	Alg. Lib.	oui	NE (LC probable)
2	<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó	R	N-Alg./NW-Tun	non	NT
3	<i>Ophrys lutea</i> (Cav.). Gouan.	C	Non	non	LC
4	<i>Ophrys tenthredinifera</i> Willd. subsp. <i>tenthredinifera</i> .	C	Alg.Mar Tun Lib.	non	LC
5	<i>Ophrys speculum</i> Link subsp. <i>speculum</i>	AC	non	non	LC
6	<i>Himantoglossum robertianum</i>	C	non	non	LC

C: commun, NE: non évalué, AR: assez rare, End: endémique, R: rare, NT: quasi-menacé, LC: préoccupation mineure, Alg: Algérien, Mar: Marocain Tun: Tunisien, Lib: Libyen, N: Nord.

## 1.3. Caractérisation écologique

### 1.3.1. Indices Eco-biologiques

Sur la base des relevés phytoécologiques réalisés, nous avons déterminé le taux de chaque type biologique et calcule les 4 indices Eco-biologiques de la zone d'étude. Les valeurs de ces paramètres sont représentées dans le tableau 21 et la figure 24 :

- L'indice de diversité spécifique (Indice de Shannon-Wiener) est élevé lorsque la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus entre taxons est équilibrée. Un peuplement moins diversifié avec des espèces dominantes se traduit par des faibles valeurs de cet indice. Pour la zone d'étude, elle présente une valeur d'équitabilité proche de deux (2), donc elle est assez diversifiée.

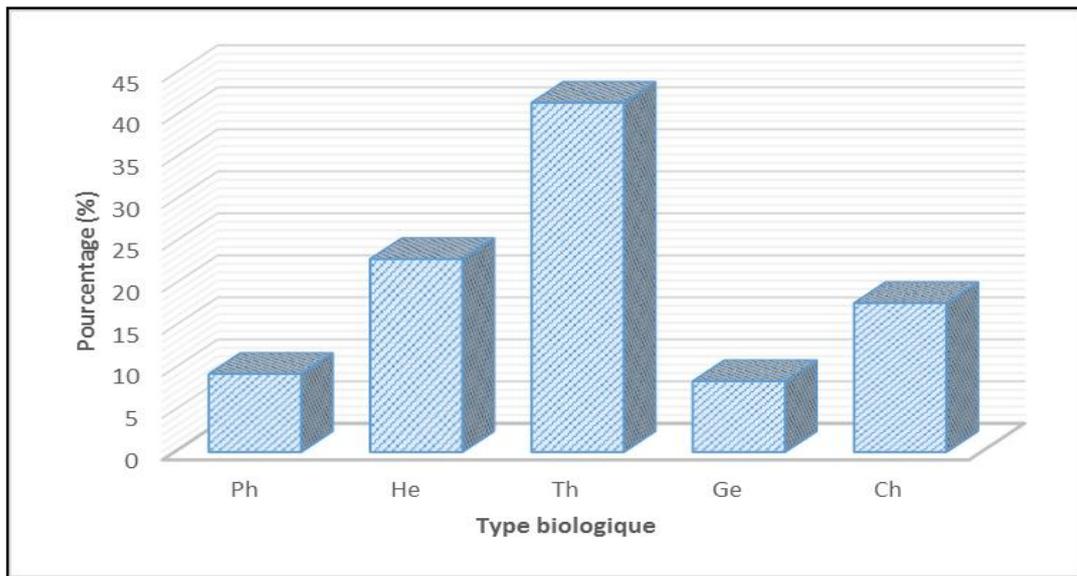
- L'équitabilité varie de 0 à 1 : elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce ; elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont une même abondance. Pour la zone d'étude, elle présente une valeur d'équitabilité proche d'un 0.6, donc généralement les espèces ont une même abondance.

- Les valeurs de l'indice de Shannon et de l'équitabilité de Pielou permettent de conclure que la forêt représente un milieu assez homogène et spécialisé (assez riche) (tableau 21).

**Tableau 21.** Résultat des indices biologiques de la zone d'étude.

Indice	(S)	(H')	(E)	(IP)
Valeur	344	1.72	0.59	59.30 %

Sur la figure 24 sont représentées les taux de chaque type biologique et ce conformément à la classification de **RAUNKIAER (1934)**. Le spectre biologique de ces espèces révèle la prédominance des thérophytes (40 %), suivies par des hémicryptophytes (20 %). Le reste des types biologiques contribuent avec 40 % de l'effectif global :



**Figure 24.** Spectre biologique de la zone d'étude.

### 1.3.2. Analyses phytogéographiques régionales (Analyses sectorielles)

Nous avons découvert 18 taxons (exogènes) non observés déjà dans le sous-secteur biogéographique (O3) (tableau 22). Parmi ces espèces, 8 appartiennent aux secteurs phytogéographiques des régions arides (H) et hyperarides (AS) et 2 espèces envahissantes :

**Tableau 22.** Nouvelles espèces pour la flore du (O3).

N°	Taxon	Répartition biogéographique de Quézel & Santa, (1962-1963).	Station
1	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.).	Envahissante	3
2	<i>Artemisia herba alba</i> Asso.	CCC : H1-2, SS1-2	1, 3,6 et 7
3	<i>Atractylis humilis</i> subsp. <i>Caespitosa</i> (Desf.). M.	CC : H1-2, AS1-2	1, 3,6 et 7
4	<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC.	R: KI: Djurdjura, A2: 01-3, H1-2	6
5	<i>Centaurea acaulis</i> subsp. <i>Boissieri</i> M.	C1	1, 3,6 et 7

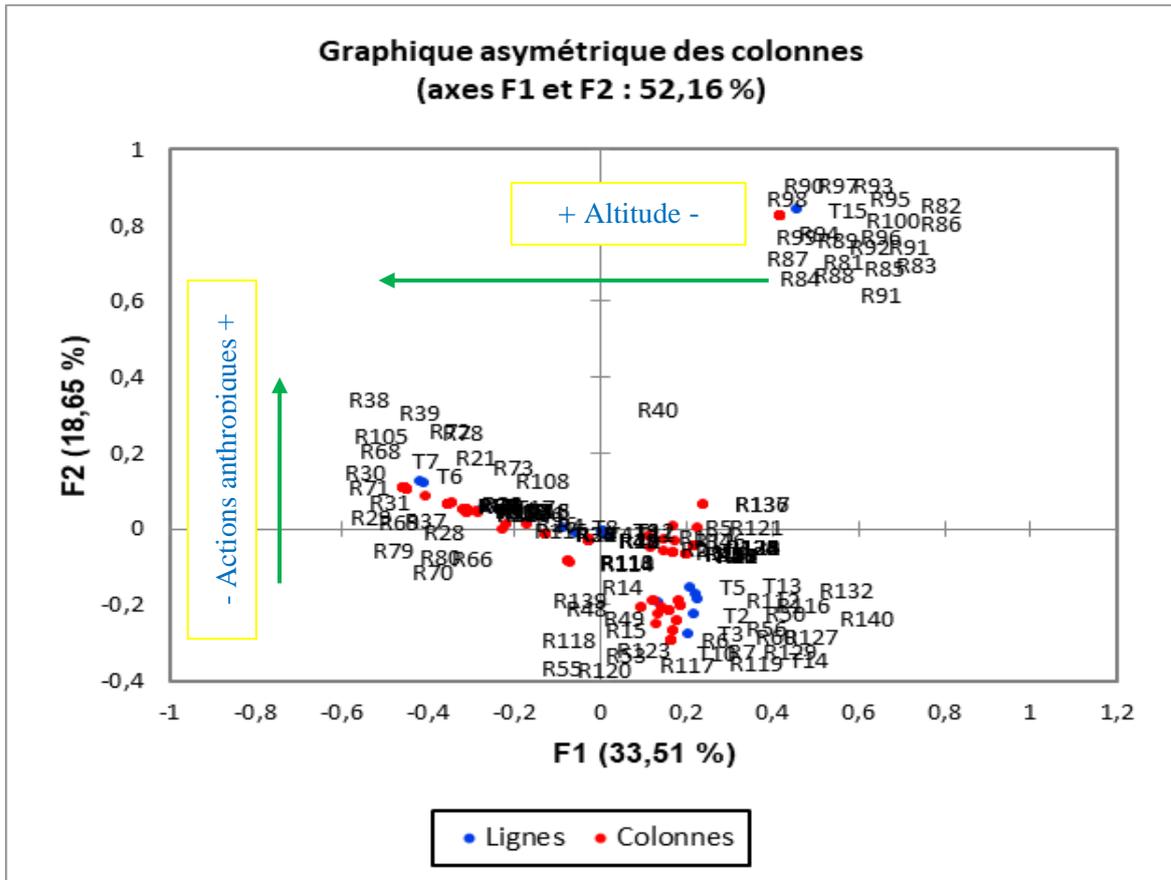
6	<i>Clematis cirrhosa</i> L.C.	C: dans toute la zone bien arrosée du littoral R: Ailleur.	2,4 et 6
7	<i>Crithmum maritimum</i> L.	CC: sur tout le littoral,	2,4 et 6
8	<i>Echium confusum</i> de Coincy.	CC : Littoral, surtout dans les sables maritimes	2 et 6
9	<i>Fraxinus angustifolia</i> L.	Envahissante	1
10	<i>Helianthemum pomeridianum</i> Dunal.	CCC: O1: Sahel d'Oran, O2	1, 3,6
11	<i>Laurus nobilis</i> L.	AC: dans le Tell constantinois et algérois	1
12	<i>Quercus faginea</i> L.	AC : Dans les forêts des montagnes du tell à l'Est d'Alger	1
13	<i>Retama retam</i> Webb.	C: Hd. AS1-2 et H1-2. SS1-2 et SO	1, 3,6 et 7
14	<i>Scrofularia hypericifolia</i> Wudl.	CC : SS1-2, Hd	1, 3,6 et 7
15	<i>Thymelaea virescens</i> Coss. et Dur.	Pâturages arides	1, 3, 5 et 7
16	<i>Iris unguicularis</i> Poir.	CC: Tell constantinois et algérois	4 et 6
17	<i>Anacyclus valentinus</i> L.	AC : H1, AS1, SS1-2.	1, 2, 4 e 6
18	<i>Salvia argentea</i> subsp. <i>patula</i> (Desf.) Maire	C : H1-2: Montagnes	4 e 6

AC : assez commun, C : commun, CC : très commun, CCC : particulièrement répandu, R : rare. A1: Sous-secteur littoral ; A2: Sous-secteur de l'Atlas Tellien ; AS1: Sous-secteur de l'Atlas Saharien oranais ; AS2: Sous-secteur de l'Atlas Saharien algérois ; AS3: Sous-secteur de l'Atlas Saharien constantinois ; C1: Secteur du Tell constantinois ; H1: Sous-secteur des Hauts Plateaux algérois et oranais ; H2: Sous-secteur des Hauts Plateaux constantinois ; Hd: Sous-secteur du Hodna ; K1: Sous-secteur de la grande Kabylie ; K2: Sous-secteur de la petite Kabylie ; K3: Sous-secteur de la Numidie (de Philippeville à la frontière tunisienne) ; O1: Sous-secteur des Sahels littoraux ; O2: Sous-secteur des plaines littorales ; O3: Sous-secteur de l'Atlas Tellien.

**a- Analyse A.F.C**

L'étude de la répartition des points espèces et points relevés (A.F.C) (figure 25), montre que l'axe 1, exprime 33.51 % de la variance totale, oppose de part et d'autre de l'origine les espèces contributives liées aux formations végétales localisées en basse altitude (T2, T3, T5, T13, T14 et T15) aux formations végétales d'haute altitude (T6 et T7). Cet axe paraît traduire un gradient écologique lié à l'altitude. Ce gradient serait associé à la quantité de précipitation et la température.

L'axe 2 qui représente 18.65 % de la variance et met également en opposition les espèces des formations végétales localisées en exposition Nord aux formations végétales de l'exposition Sud (T15). Cet axe semble exprimer un gradient écologique lié au type physiognomique des formations végétales ; depuis des formations à herbacées et chaméphytes claires vers les formations ligneuses dégradées (R39). Ce gradient serait associé à l'impact de la pression anthropique sur les formations forestières naturelles, par le surpâturage, défrichement et surtout les incendies répétés.



**Figure 25.** Ordination de l'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.).  
(Tn : taxon numéro x ; R : relevé).

### b- Analyse C.H.A

On constate que le dendrogramme de la classification ascendante hiérarchique (C.H.A), appliquée à ces taxons, montre que les 18 taxons se répartissent en 3 groupes principaux (figure 26) :

- Le groupement "A" (en rouge) est constitué par : *Artemisia herba alba*, *Atractylis humilis* subsp. *Caespitosa*, *Centaurea acaulis* subsp. *Boissieri*, *Helianthemum pomeridianum*, *Retama retam*, *Scrofularia hypericifolia*, *Thymelaea virescens*
- Le groupement "B" (en bleu) est constitué par : *Clematis cirrhosa*, *Crithmum maritimum*, *Iris unguicularis*, *Anacyclus valentinus* et *Salvia argentea* subsp. *patula*.
- Le groupement "C" (en noir) est constitué par : *Ailanthus altissima*, *Carduncellus pinnatus*, *Echium confusum*, *Fraxinus augostifolia*, *Laurus nobilis* et *Quercus faginea*.

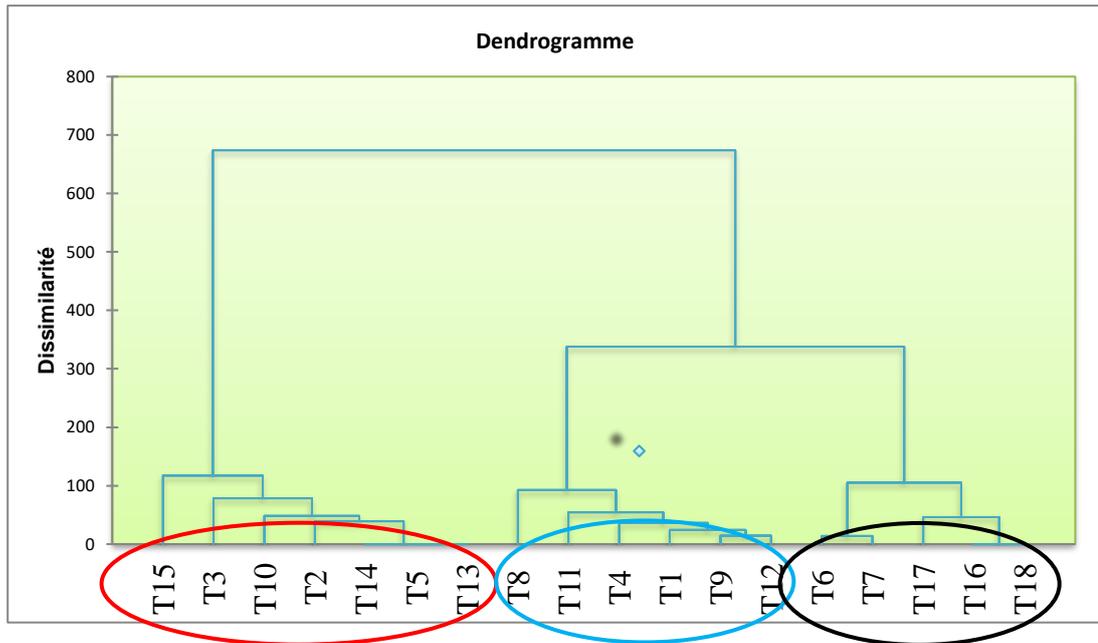


Figure 26. Ordination de la classification ascendante hiérarchique (C.H.A).

### 1.3.3. Etat des orchidées

L’analyse des caractéristiques stationelles montrent que les 6 orchidées que nous avons recensées se développent surtout dans les milieux ouverts et perturbés tels que les maquis, garrigues, broussailles et pelouses (tableau 23) :

Tableau 23. Etat des orchidées de la zone d’étude.

N°	Taxon	Biotope
1	<i>Anacamptis papilionacea</i>	Broussaille + les maquis ayant une altitude entre 800 et 1150 m, sur les expositions Nord-Ouest à Nord-Est.
2	<i>Dactylorhiza elata</i>	Broussaille + les maquis sur des altitudes allant de 800 m à 1150 m, sur les tous les versants
3	<i>Ophrys lutea</i>	est présent dans toutes les stations, se développe mieux dans les milieux ouverts et les ripisylves de la zone d’étude entre des altitudes allant de 580 m à 1203 m sur tous les versants.
4	<i>Ophrys tenthredinifera</i> subsp. <i>tenthredinifera</i> .	se développe dans les milieux ouverts dégradés (maquis) de la zone d’étude où l’altitude varie entre 900 m et 1203 m sur les versants Nord cette fois ci, sur tous les types de sol.
5	<i>Ophrys speculum</i> subsp. <i>speculum</i>	est présent dans toutes les stations, se développe mieux dans les milieux ouverts et les ripisylves de la zone d’étude entre des altitudes allant de 580 m à 1203 m sur tous les versants, particulièrement le versant sud
6	<i>Himantoglossum robertianum</i>	

### 1.3.4. Impact de la pression anthropique sur la dégradation de la forêt

#### a- Evolution des effectifs

En termes d'effectif, le cheptel est largement dominé par les ovins au niveau de la zone d'étude. En effet, le nombre moyen d'ovins enregistrés dans la commune de Doui Thabet s'élève à 19 340 contre 1 847 caprins et seulement 475 bovins (DSA, 2019 modifié). Le nombre d'UPB (Unité Petit Bétail) dans la zone d'étude est de l'ordre de 23192.6 UPB (tableau 24.).

**Tableau 24.** Evolution des effectifs des cheptels entre 2009 et 2019 (Extrait : DSA, 2019).

Nature du cheptel	2009	2019	Taux d'augmentation
Ovin	11681	19340	65.00%
Bovin	453	475	04.85%
Caprin	1500	1847	23.13%

#### b- Alimentation et conduite des troupeaux

La conduite du troupeau est faite de manière extensive et s'appuie essentiellement sur les parcours naturels et forestier. En effet, l'espace étudié est constitué de deux principales composantes : la forêt de Doui Thabet et les terrains agricoles et asylvatiques. Le tableau 25 renseigne sur le calendrier de fréquentation des différents parcours.

**Tableau 25.** Le calendrier fourrager des troupeaux dans la zone d'étude (2017-2019) d'après nos observations.

Nature de cheptel	Jan	Fev	Mars	avril	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec
Ovin	F	F	F+P	F+P	F+P	F+P	P	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
Bovin	F	F	F+P	F+P	F+P	F+P	P	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
Caprin	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P	P	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P

F : Forêts ; P : parcours

#### c- Besoin fourrager des animaux dans la zone

Les besoins annuels du cheptel s'élèvent à 8952450 unités fourragères. Le potentiel fourrager disponible dans les parcours forestiers de la zone d'étude s'évalue globalement à 689990 unités fourragères par an. En effet, les tableaux 26 et 27 présentent le potentiel existant et les écarts en question.

**Tableau 26.** Evaluation des besoins annuels du cheptel en unités fourragères.

Zone	Cheptel	Effectif	U F/an et par tête	Besoins fourragers UF/an	Taux (%)
Forêt de Doui Thabet	Ovins	19340	400	7736000	86.14
	Bovins	475	1200	570000	06.36
	Caprins	1847	350	646450	07.5
	<b>Total</b>	<b>21662</b>	<b>/</b>	<b>8952450</b>	<b>100</b>

**Tableau 27.** Evaluation du potentiel fourrager offert par la forêt dans la zone de Doui Thabet.

Zone	Essences	Superficie ouverte au parcours (Ha) (CF,2019)	Potentiel en UF/ha/an (Moyen)	Potentiel fourragers UF/an
Forêt de Doui Thabet	<i>Pinus halepensis</i> Mill.	4300	62.5	268750
	Les feuillues	800	50	400000
	Les résineux	531	40	21240
	<b>Total</b>	<b>5631</b>	<b>/</b>	<b>689990</b>

CF : Estimation sur la carte d'occupation du sol élaborée par la conservation des forêts de la wilaya de Saïda.

#### d- Bilan fourrager, coefficient de surpâturage et Indice de pression anthropique

Les résultats du bilan fourrager, coefficient de surpâturage et Indice de pression anthropique de la forêt de Doui Thabet sont mentionnés dans le tableau 28 :

**Tableau 28.** Bilan fourrager, coefficient de surpâturage et Indice de pression anthropique de la zone d'étude.

Indicateurs	Forêt de Doui Thabet
Besoins fourragers (UF/An)	8952450
Potentiel forestier en UF	689990
Déficit fourrager (UF)	- 8362460
Charge réelle: Cr (UGB/Ha)	7460.37
Charge d'équilibre : Ce (UGB/Ha)	574.99
Coefficient de surpâturage (S)	92.30 %
Indice de pression anthropique	28

## 2. Discussion

### 2.1. Inventaire et systématique

L'étude présente a permis de diagnostiquer écologiquement la zone de Doui Thabet la première fois par :

1-dressage d'un premier catalogue floristique pour mettre en évidence sa richesse floristique ;

2-caractérisation de l'état de la végétation et

3- comparer ses potentialités, ce diagnostic écologique constitue une référence pour les travaux des recherches futures (études diachroniques) et pour les décideurs et les gérants pour les aménagements et la restauration.

La richesse floristique de la zone d'étude est de 344 taxons soit 9.18 % de la flore Algérienne (3744 taxons). Ces espèces appartiennent à 223 genres et 77 familles dont 8 sont nettement dominantes. Cette richesse floristique est répartie en famille selon l'ordre suivant : Asteraceae (60 espèces, soit 17.44 %), Fabaceae (42 espèces, soit 12.20 %), Lamiaceae (27 espèces, soit 7.84 %), Brassicaceae (20 espèces, soit 5.81 %), Apiaceae (16 espèces, soit 4.65 %), Poaceae (13 espèces, soit 3.77 %), Cistaceae (10 espèces, soit 2.90 %) et Ranunculaceae

(09 espèces, soit 2.61 %). Ces 8 familles sont connues par leur acclimatation aux conditions arides de la région de Saida et totalisent à elles seules 197 taxons, soit 57.26 % de la richesse totale des forêts. Le reste des familles contribuent avec 42.73 % de l'effectif global.

Les principales différences entre la présente étude et celle de **DJEBBOURI et TERRAS (2019)**, réside dans les points suivants :

1-La zone prospectée dans notre cas est 120 fois plus petite que celle de Djebbouri et Terras, par contre la différence dans le nombre d'espèces rencontrées est seulement de 55 espèces en leur faveur.

2-Notre étude présente plus de 12 familles non citées dans l'étude de Djebbouri et Terras. Cependant si 35 familles sont communes aux 2 études, 27 autres familles ne sont pas communes. Les différences entre les deux études sont dues à l'efficacité de la méthode d'échantillonnage adoptée, à la période, aux nombres de campagne et aux formations prospectés dans chaque étude. Il est important de noter que les deux études sont complémentaires et contribuent à la connaissance de la richesse floristique de la région de Saida (tableau 29).

**Tableau 29.** Comparaison phytoécologique entre notre étude et celle de **DJEBBOURI et TERRAS (2019)**.

Paramètres	Présent travail	Djebbouri et Terras
Zone et superficie	Forêts de Doui Thebet (Nord-Ouest de Saida) (56.3 Km <sup>2</sup> )	Toute la région de Saida (6765.4 km <sup>2</sup> ) dont notre zone d'étude.
Nombre d'espèce	344	397
Orchidoflore	5 dont (1 assez rare, 1 rare, 3 endémiques et 1 quasi-menacé)	2 dont (0 rare, 0 endémique et 0 menacée).
Nombre de famille	77	65
	Dont 27 familles ne sont pas communes	
Période de prospection	Printemps et automne	Printemps
Echantillonnage	Mixte	Subjectif
Durée de prospection	2017-2019 (3 campagnes)	2018-2019 (2 campagnes)
Formations végétales	Forestières, pré-forestières et pré-steppiques.	Forestières, pré-forestières

Sur le plan systématique, cette richesse se répartie entre les groupes suivants :

- Ptéridophytes : sont représentés par 3 familles : Aspleniaceae avec 2 espèces, Pteridaceae avec 2 espèces et Sinopteridaceae avec une seule espèce ;
- Gymnospermes : sont représentés par 2 familles : Pinaceae avec une seule espèce et Cupressaceae avec 03 espèces ;
- Angiospermes : regroupent 72 familles soit 335 espèces dont 324 dicotylédones et 14 monocotylédones.

Ces données montrent que, dans tous les massifs forestiers du tell Algérien, les mêmes familles de plantes dominent, dans le même ordre presque. Nos résultats confirment les travaux de phytodiversité dans le sous-secteur de l'atlas Tellien Ornaï (O3) notamment ceux de **MEDJAHDI et al. (2007)**, **HASNAOUI (2008)**, **BABALI et al. (2014)**, **MIARA et al. (2018)**.

L'indice de perturbation (IP) = 59.30 %, est proche du seuil avancé par **EL HAMROUNI (1992)** en Tunisie dans son étude, qui est de 70% et qu'il a qualifié de très fort.

L'indice de perturbation (IP) de la zone d'étude confirme la dégradation de la couverture végétale engendrée par l'action anthropique. **EL HAMROUNI (1973) et BARBERO et al. (1990)** signalent que les perturbations causées par l'homme et ses troupeaux sont nombreuses et correspondent à deux situations de plus en plus sévères allant de la matorralisation jusqu'à la désertification, en passant par la steppisation.

La colonisation par des espèces asylvatiques montre que la dynamique régressive de cet écosystème a belle et bien commencé. L'action anthropique due aux incendies répétés dans cette zone durant la période : 1992-2015, le défrichement de grande superficie, le surpâturage, la surexploitation et les mauvaises pratiques d'exploitation des plantes médicinales par des herboristes non qualifiés et la population locales. Ces phénomènes de dégradation sont à l'origine de la disparition de beaucoup d'espèces qui sont devenues endémiques, rares et protégées, comme c'est le cas des genres : *Thymus*, *Teucrium*, *Phillyrea*, *Rosmarinus*, *Thymelaea*, *Artemisia*, *Tetraclinis*...etc.

Le climat de la zone caractérisé par une période de sécheresse qui s'étend sur 6 à 8 mois de l'année, contribue dans cette série de dynamique régressive de la végétation. Ces résultats confirment les conclusions avancées par **BENABDELI (2006), HASNAOUI (2008), NASRALLAH (2013), TERRAS (2013), KEFIFA (2015), HASNAOUI & NASRALLAH (2015)**. Ils sont tous convenus que le tapis végétal est soumis à des agressions d'origine anthropique. A ce sujet **BENABDELI (2006)** souligne que : la couverture végétale est soumise en permanence à des agressions d'origine humaines, face auxquelles la végétation rustique, malgré ses facultés de résistance, n'arrive plus à résister et se maintenir. Selon ce même auteur, les formations végétales ne sont représentées que par des groupements dégradés dans leur ensemble à tel point que sous les multiples et permanentes agressions la couverture végétale est sérieusement menacée de disparition.

Nos résultats sont aussi en accord avec ceux obtenus par **NASRALLAH & KEFIFIA (2015)** sur la zone de Nesmoth, située sur la même chaîne de montagne, dans la wilaya de Mascara. Ces auteurs ont montré que les peuplements forestiers sont en mauvais état et font l'objet d'une dégradation avancée à cause du surpâturage, des incendies répétés, au défrichement, à la sylviculture et l'exploitation inadéquates et la gestion inadéquate.

Dans le même contexte, **BARBERO et al. (1990)** signalent que les perturbations causées par l'homme et ses troupeaux (dans la région méditerranéenne) sont nombreuses et correspondent à deux situations de plus en plus sévères allant de la matorralisation jusqu'à la désertification passant par la steppisation.

L'analyse du spectre biologique de nos relevés, montre que le taux des thérophytes est très élevé par rapport aux autres types biologiques et témoigne de l'importance des actions anthropiques et climatiques dans la forêt de Doui Thabet, à l'instar de toutes les forêts de la zone méditerranéenne (**DAGET et POISSONNET, 1971 ; GRIME, 1977 ; AIDOU, 1983 ; BARBERO et al., 1990 ; BARBERO et al., 1990 ; DAHMANI, 1997 ; BOUAZZA & BENABADJI, 2002**). Les Hémicryptophytes occupent la seconde position, elles se trouvent généralement dans les habitats humides tels que les falaises et les rypisives. Selon **BARBERO et al. (2001)**, l'abondance des Hémicryptophytes est liée à la présence d'humidité et de la

matière organique. Les Chaméphytes occupent la troisième position. Les espèces de ce type sont caractérisées par une bonne acclimatation à l'aridité par rapport aux autres types biologiques. Leur taux élevé est un signe de perturbation et de dégradation de l'écosystème (DANIN ET ORSHAN, 1990). Les Géophytes se présentent avec un faible taux. Elles sont caractérisées par un faible taux de germination, qui pose de vrai problème de reproduction (VERLAQUE *et al.*, 2001). Les Phanérophytes occupent l'avant dernière place et annonce une dynamique régressive de cet écosystème GRIME, 1977 ; DAGET, 1980 ; DAHMANI, 1997 ; MEDDOUR, 2010).

Le spectre biologique net de la zone d'étude est de type : Thérophytes > Hémicryptophytes > Chaméphytes > Phanérophytes > Géophytes. Le même type biologique a été obtenu par MEDJAHDI *et al.* (2007), LETREUCH-BELAROUCI *et al.* (2009), à Hafir (Tlemcen), MEDJAHDI *et al.* (2009), à Tlemcen, BABALI *et al.*, (2014) à Moutas (Tlemcen) et MIARA *et al.* (2018) à Tiaret.

Sur le plan chorologique, l'analyse a montré une dominance des espèces de type méditerranéenne (70%), le type endémique se situe en dernière position (7.26 %) et les types à large répartition (euro-méditerranéennes, eurasiatiques, paléo-tempérées ...etc) représentées par 22.74 %. Ces résultats sont aussi, en accord avec ceux obtenus sur l'ensemble de la flore du Nord-Africain, par HASNAOUI (2008), LETREUCH-BELAROUCI *et al.* (2009), MEDJAHDI *et al.* (2009) BABALI *et al.*, (2014) sur la flore de Tlemcen, MIARA *et al.*, (2018) sur la flore de Tiaret.

## 2.2. Evaluation de la phytodiversité

L'analyse des résultats des indices de la biodiversité permet de constater une valeur moyenne de (H'), cette grandeur de (1.72 bits), indique un milieu diversifié ( $0 < H' < 5$ ) du moment qu'elle n'a pas en théorie de maximum. A ce propos, la valeur d'équitabilité (E) calculée est forte, cette grandeur = (0.59 bits), signifie que les individus des différentes espèces sont en équilibre.

## 2.3. Rareté, endémisme et protection

Un taux de rareté de 31 taxons, représentant 9.01 % de la flore totale de la zone d'étude et 1.7 % de l'Algérie (1818 taxons rares) est assez important pour une zone située en étage semi-aride (VELA et BENHOUBOU, 2007). Ce taux est constitué de 7 espèces très rares (RR), 16 espèces rares (R) et 8 espèces assez rares (AR). Le taux d'endémisme est aussi important, avec 25 taxons soit 7.26 % de la flore totale de la zone d'étude et 5.38 % de l'Algérie (464 taxons endémiques, dont 1 taxon endémique (Alg-Lib), 9 taxons endémiques (Alg-Mar. Tun. Lib), 8 taxons endémiques (Alg. Mar), 1 taxon endémique (Alg), 2 taxons endémiques (Alg-Tun), 1 taxon endémique (Mar) et 3 taxons endémiques (Alg-Mar. Tun). Le nombre des taxons protégés est de 9 soit 2.32 % de la flore totale de la forêt et 1.76% de l'Algérie (454 taxons protégés). 8 taxons sont protégés en Algérie et 1 taxon quasi-menacé d'après le statut de l'UICN. Ces résultats ouvrent la porte à l'étude de l'établissement d'une aire protégée.

La comparaison de nos résultats à ceux avancés par **DJEBBOURI & TERRAS (2019)**, permettent d'enrichir la flore de cette région par 43 autres espèces (tableau 30) :

**Tableau 30.** Taxons rares, endémiques et protégés non recensés par **DJEBBOURI & TERRAS (2019)**.

<b>Taxons rare</b>	<b>Taxons endémiques</b>	<b>Taxons protégés</b>
<i>Clematis flammula</i> L	<i>Rhamnus alternus</i> L	<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó
<i>Sedum acre</i> L	<i>Ranunculus millefoliatus</i> auct	<i>Anacamptis papilionacea</i> (L.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase subsp. <i>papilionacea</i> .
<i>Crithmum maritimum</i> L	( <i>Sanguisorba minor</i> subsp. <i>vestita</i> (Pomel) Maire	<i>Teucrium pollium</i> L
<i>Ranunculus millefoliatus</i> auct	<i>Anacamptis papilionacea</i> (L.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase subsp. <i>papilionacea</i> .	<i>Biscutella cichoriifolia</i> Loisel
( <i>Sanguisorba minor</i> subsp. <i>vestita</i> (Pomel) Maire	<i>Thymus numidicus</i> Poir	<i>Hieracium humile</i> Jacq
<i>Cytinus hypocistis</i> (L.) L	<i>Iris planifolia</i> (Mill.) T. Durand & Schinz	/
<i>Dactylorhiza elata</i> (Poir.) Soó	<i>Iris unguicularis</i> Poir	/
<i>Anacamptis papilionacea</i> (L.) R. M. Bateman, Pridgeon & M. W. Chase subsp. <i>papilionacea</i> .	<i>Hedysarum aculeolatum</i> Munby ex Boiss	/
<i>Lythrum acutangulum</i> Lag.	<i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers	/
<i>Nepeta apuleii</i> Ucria	<i>Rhamnus alaternus</i> L. subsp. <i>Alaternus</i>	/
<i>Lamium purpureum</i> L	<i>Thlaspi perfoliatum</i> L	/
<i>Laurus nobilis</i> L	<i>Hieracium humile</i> Jacq	/
<i>Iris planifolia</i> (Mill.) T. Durand & Schinz	<i>Hedera helix</i> L	/
<i>Quercus faginea</i> Lam	<i>Atractylis caespitosa</i> Desf	/
<i>Lathyrus tingitanus</i> L	/	/
<i>Cytisus triflorus</i> L'Hér	/	/
<i>Helianthemum croceum</i> (Desf.) Pers	/	/
<i>Magydaris panacifolia</i> (Vahl) Lange	/	/
<i>Echium australe</i> Lam	/	/
<i>Echium confusum</i> Coincy	/	/
<i>Biscutella cichoriifolia</i> Loisel	/	/
<i>Carduncellus pinnatus</i> (Desf.) DC	/	/
<i>Asteriscus spinosus</i> (L.) Sch. Bip	/	/
<i>Atractylis caespitosa</i> Desf	/	/

## 2.4. Orchidoflore

Le zonage écologique de la forêt de Doui Thabet est complexe, cette complexité est due à un relief accidenté et au mélange de diverses formations végétales. La colonisation par des espèces végétales asylvatiques montre que la dynamique régressive de cet écosystème a bien commencé. C'est l'effet du morcellement et le défrichement de la forêt.

L'inventaire des orchidées de la zone de Doui Thabet a révélé la présence de 6 taxons, soit 1.2 % de la richesse floristique (344 espèces) de la zone d'étude et 5.33 % des orchidées de l'Algérie (75 espèces d'orchidées) (**DOBIGNARD & CHATELAIN, 2010-2013**).

Les 5 orchidées que nous avons inventoriées, dans la zone d'étude ont été signalées dans tous les inventaires régionaux récents concernant les orchidées en Algérie, exception faite pour l'étude intitulée : « inventaire floristique du district de Saida durant la période (2017 et 2018) (**DJEBBOURI & TERRAS, 2019**). L'absence des orchidées dans l'étude précitée s'explique par :

- (a) la période de prospection limitée aux printemps ;
- (b) les techniques d'échantillonnage utilisées (échantillonnage subjectif).

La présence des 6 orchidées sur une aire aussi restreinte que la zone de notre étude, comparativement à celle de **DJEBBOURI & TERRAS (2019)**, se justifie par l'efficacité de la méthode adoptée, à savoir la prospection de toutes les formations végétales (forestières, pré-forestières et pré-steppiques) par un échantillonnage mixte, affirmé par plusieurs passages durant la même année, et particulièrement pendant les printemps et les automnes, correspondant aux périodes de floraison automnale et printanière des orchidées.

Notre zone d'étude semble présentée moins d'orchidées, par rapport aux autres régions d'Algérie notamment ceux de **DE BELAIR *et al.* (2005)**, **BABALI *et al.* (2013)**, **BEGHAMI *et al.* (2015)**, **BOUGAHAM *et al.* (2015)**, **HAMEL *et al.* (2016)**, **MADOUY *et al.* (2017)**, **BOUKEHILI *et al.* (2018)**, **BOUKEHILI *et al.* (2018)** et **MIARA *et al.* (2018)** (Tableau 31).

Cette faible richesse en orchidées observée dans les forêts de Doui Thabet, par rapport aux régions ouest de l'Algérie se justifie d'un côté par la faible superficie prospectée dans la zone et qui ne représente que 56,31 km<sup>2</sup> comparativement à la superficie parcourue par **MIARA *et al.* (2018)** dans la région tellienne de la wilaya de Tiaret, qui est de 20673 km<sup>2</sup>. L'impact des actions humaines, du cheptel et des incendies répétés sur les forêts de Doui Thabet (aire non protégée), contribue à la disparition de ces espèces compte tenu de l'appétibilité qu'elles présentent (**BARBERO *et al.*, 1990 ; MEDAIL & DIADEMA, 2006**). L'état de protection du milieu et le climat concourent au développement des orchidées, c'est le cas de la réserve de Moutas-Tlemcen (aire protégée) (**BABALI *et al.*, 2013**) et la région Est de l'Algérie (Numidie, Aurès, Kabylie des Babors, péninsule de l'Edough) caractérisées par des positions phytogéographiques, très proches de la mer méditerranéenne (réserve de Moutas, Tlemcen) ou des points chauds de biodiversité « Kabylie-Numidie, Kroumirie » (**VELA et BENHOUBOU, 2007**).

Tableau 31. Comparaison de la diversité en orchidées de différentes régions d'Algérie.

Travaux	Zone et superficie	Nombre
Present Travail	Doui Thebet (Nord-Ouest de Saida) (56,31 km <sup>2</sup> )	06
DJEBBOURI et TERRAS (2019)	Wilaya de Saida (6765,4 km <sup>2</sup> )	02
BABALI <i>et al.</i> (2013)	Reserve Moutas (Tlemcen ) (20 km <sup>2</sup> )	14
BEGHAMI <i>et al.</i> (2015)	Aurés (3000 km <sup>2</sup> )	16
HAMEL <i>et al.</i> (2016)	Péninsule de l'Edough (Sekikda) (4026 km <sup>2</sup> )	20
MIARA <i>et al.</i> (2018)	Monts de Tiaret (Tiaret) (20673 km <sup>2</sup> )	20
MADOUY <i>et al.</i> (2017)	Sétif (6504 km <sup>2</sup> )	26
BOUKEHILI <i>et al.</i> (2018)	Souk Ahras (4541 km <sup>2</sup> )	27
BOUGAHAM <i>et al.</i> (2015)	Kabylie des Babors (23,67 km <sup>2</sup> )	27
DE BELAIR <i>et al.</i> (2005)	Numidie (100.000 km <sup>2</sup> )	34

L'analyse des caractéristiques stationnelles et des spectres biologiques nets montrent que les 6 orchidées que nous avons recensées se développent surtout dans les milieux ouverts et perturbés tels que les maquis, broussailles et pelouses et au niveau des ripisylves. Ces milieux ouverts possèdent une grande importance biologique, du moment que ces plantes sont souvent utilisées comme indicateurs de la santé écologique d'un milieu (DEVJLLERS & DEVJLLERS-TERSCHURE, 1994) ; d'où l'intérêt de prendre en charge cette zone, dans le cadre d'une stratégie de conservation et de restauration de ces habitats (DEVJLLERS & DEVJLLERS-TERSCHURE, 1994).

Parmi les 6 taxons inventoriés figure : *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó., considéré comme un taxon endémique, rare dans le sous-secteur (O3), et signalé dans la liste rouge de l'UCIN comme espèce quasi-menacée, et un autre taxon à savoir : *Anacamptis papilionacea* (L.), considéré assez rare dans le tell, endémique et protégé en Algérie et *Ophrys tenthredinifera* Willd. subsp. *tenthredinifera* considéré comme endémique.

*Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó a été observé dans les maquis sur des altitudes allant de 800 m à 1150 m, sur les tous les versants. C'est une espèce rare dans la région Ouest de l'Algérie et assez commune dans le tell Algéro-Constantinois. C'est aussi une espèce endémique et quasi menacée. Elle est présente uniquement dans les monts de Tlemcen (O3). Ce résultat est en accord avec celui de QUEZEL & SANTA (1962-1963), VELA *et al.* (2017) et les études régionales, exception faite pour les études de BABALI *et al.* (2013) et MIARA *et al.* (2018).

*Anacamptis papilionacea* (L.) a été observée dans le maquis ayant une altitude entre 800 et 1150 m, sur les expositions Nord-Ouest à Nord-Est Ce résultat est en accord avec celui de BOUVET *et al.* (2014). C'est une espèce assez rare dans le tell, endémique et protégée par le décret exécutif n°12-03 du 10 safar 1433 correspondant au 4 janvier 2012, fixant la liste des espèces spontanées protégées en Algérie. Ce résultat aussi est en accord avec celui de QUEZEL et SANTA (1962-1963).

Le troisième, le quatrième et le cinquième taxons, nommés *Ophrys lutea* L. et *Ophrys speculum* Link et *Himantoglossum robertianum* sont présents dans toutes les stations, se développe mieux dans les milieux ouverts et les ripisylves de la zone d'étude entre des altitudes allant de 580 m à 1203 m sur tous les versants, particulièrement le versant sud. Sa présence dans

cette zone confirme les travaux de **QUEZEL et SANTA (1962-1963)** et les études régionales précédentes notamment celle de **MIARA et al. (2018)**.

Le 6<sup>ème</sup> taxon noté *Ophrys tenthredinifera* Willd. subsp. *tenthredinifera* se développe dans les milieux ouverts dégradés (maquis et forêt dégradée de *Pinus halepensis*) de la zone d'étude où l'altitude varie entre 900 m et 1203 m sur les versants Nord cette fois ci, sur tous les types de sol. C'est une espèce endémique. Ce taxon est cité dans l'étude de **QUEZEL & SANTA (1962-1963)** et les autres études régionales.

## 2.5. Analyses phytogéographiques

La classification hiérarchique d'ascendante (C.H.A) (Figure 36) démontre qu'il existe trois groupes répartis comme suit :

-le premier concerne les espèces xérophiles des régions arides et hyperarides des secteurs et sous-secteurs (H, SO, SS1-2, AS1-2-3 et SC) ;

-le deuxième concerne des endroits bien arrosés et du littoral de deux sous-secteurs (O1: Sous-secteur des Sahels littoraux et O2: Sous-secteur des plaines littorales) et

-le troisième concerne les espèces envahissantes indicatrices de perturbation du milieu au sens de **QUEZEL & SANTA, (1962-1963)** et la région Est qui se caractérise par un climat humide et subhumide grâce aux hautes altitudes du Tell Constantinois et Algérois de deux secteurs (A: Secteur Algérois et C1: Secteur du Tell Constantinois).

Dans notre zone d'étude, on note l'apparition de : *Thymelaea virescens* Coss. et Dur., *Artemisia herba alba* Asso, *Atractylis humilis* subsp. *Caespitosa* (Desf.), *Retama retam* Webb, *Carduncellus pinnatus* (Desf.), *Scrofularia hypericifolia* Wudl, *Salvia argentea* subsp. *patula* (Desf.) Maire et *Anacyclus valentinus* L.M. La prédominance de ces espèces au niveau de notre zone est justifiée par le refuge de ces espèces d'origine : (H), (AS), (SC), (Hd), (SS1), (SS2) et (SO) qui se caractérisent par un climat aride et hyperaride vers le Nord (notre zone d'étude du climat semi-aride) en tant que mécanisme d'adaptation aux changements climatiques. Un résultat semblable a été observé par **BABALI (2014)** dans la réserve de chasse Moutas-Tlemcen qui a montré le refuge de 9 espèces végétales exogènes du (O3) vers le Nord : *Anacyclus valentinus* : (H1, AS1, SS. R : SC), *Centaurea acaulis* subsp. *Balansae* : (secteur Constantinois), *Atractylis humilis* subsp. *caespitosa* (Desf.) M. : (H et AS), *Diploaxis harra* : (H1-2, AS1-2-3, SS : Jusqu'au Mouydir), *Ophrys subfusca* (Reichenb. fil.) Haussknecht : (K3, C1, K1, Al-2, O1 : Mostaganem), *Pituranthos scoparius* (Coss. et Dur.) Benth. et Hook: (H1-2, AS1-2-3, SS, SC, SO), *Ranunculus gramineus* : (H1-2. AS1-2-3), *Salvia argentea* subsp. *patula* (Desf.) Maire : (H1-2 : Montagnes), *Thymelaea argentata* = *T. nitida* Desf. : (H1-2) vers le Nord.

Ces résultats s'accordent avec : (**SINGH & WHEATON, 1991 ; BROOKS et al., 1998 ; HEBDA, 1998 ; THOMPSON et al., 1998 ; HANSEN & DALE, 2001 ; LI et al., 2000 ; KIRSCHBAUM, 2000 ; MALCOLM et al., 2002 ; CHUINE et al., 2004 ; CALLAGHAN et al., 2005 ; GRAY, 2005 ; JUDAY et al., 2005 ; USHER et al., 2005 ; HAMMAN & WANG, 2006 ; MCKENNEY et al., 2007 et AITKEN et al., 2008**).

L'apparition des espèces des zones arrosées dans notre zone d'étude s'explique par l'existence des microclimats locaux grâce aux hautes altitudes (1203 m) et sur les versants Nord des montagnes qui reçoivent une quantité importante d'humidité de la mer méditerranéenne qui favorise l'installation et l'extension de ces espèces sur l'ensemble de l'aire.

Concernant les 2 espèces envahissantes selon **QUEZEL & SANTA, (1962-1963)** (*Ailanthus altissima* (Mill.) et *Fraxinus angustifolia* L.) leur présence indique deux choses :

- 1- Que cette zone est en état de perturbation à cause des actions anthropiques et surtout les incendies répétés au niveau de la zone d'El Ache et Oum Touadjine durant la période de (1992-2015), ce résultat a été mentionné par **QUEZEL & SANTA, (1962-1963)** : « *Ailanthus altissima* (Mill.) se développe dans les endroits perturbés » ;
- 2- Les changements climatiques devraient affecter l'introduction d'espèces exotiques (**USHER et al., 2005**).

Concernant *Quercus faginea* L., 113 pieds a été recensé à l'âge de futaie, la hauteur moyenne oscille entre 15 m à 18 m. Généralement, il se occupe surtout dans les falaises et les oueds. La régénération naturelle par graine de cette espèce est assurée. Une étude pédoanthracologique est nécessaire pour trancher sur l'ancienne flore puisque **QUEZEL & SANTA, (1962-1963)** n'a mentionné ni la présence de cette espèce ni la présence de *Laurus nobilis* L. dans cette zone.

## **2.6. Approche ethnobotanique**

Les informations obtenues dans cette investigation permettent de valoriser les espèces médicinales locales tant sur le plan écologique que socio-économique et socio-culturel. Nous avons pu dégager les espèces les plus convoitées et les maladies traitées. Il est important de compléter nos travaux par d'autres afin d'augmenter le corpus scientifique et médicinal. Nous avons pu noter que certaines plantes ont des appellations différentes selon les localités: Snobar/Taida/Zenine, trois appellations pour la même espèce (Pin d'Alep) d'où la nécessité de réaliser un catalogue dans lequel on met les noms scientifiques auxquels il faut rajouter les noms locaux par secteur phytogéographique (**NASRALLAH et al., 2020**).

## **2.7. Incidences de la pression anthropique**

Dans la zone d'étude, le troupeau est composé de bovins, ovins et caprins. L'espèce dominante par le nombre est l'espèce ovine (86.14 %). La chèvre vient en 2ème place avec un taux de 7.5%, elle permet d'utiliser des zones difficiles et pauvres. C'est un excellent transformateur, un fournisseur précieux de protéines animales pour des éleveurs des régions pauvres pour posséder une vache. L'espèce caprine résiste à des conditions difficiles, donne du lait quotidiennement et souvent deux chevreaux par an « c'est la vache des pauvres ». Si les bovins sont aussi partout présents, ils représentent cependant un nombre nettement inférieur (6.36 %). Le cheptel est donc constitué des deux espèces largement dominantes (caprines et ovines).

L'analyse des évolutions enregistrées entre 2009 et 2019, du nombre d'UPB montre une croissance excessive des effectifs du cheptel (96 %). En effet, l'élevage commence à prendre de l'ampleur dans la zone de Doui Thabet. Les faibles rendements des systèmes de production de la zone ont favorisé l'orientation des ménages vers l'activité de l'élevage.

La conduite du troupeau est faite de manière générale en extensive et s'appuie essentiellement sur les parcours naturels et forestiers. Le calendrier de pâturage montre que le bétail pâture pratiquement 9 mois sur 12 en forêt, soit environ 230 jours par an. En effet, une fois épuisées les ressources herbagères, les bergers se voient obligés à ébrancher les arbres dans le but de combler une part importante des besoins fourragers des troupeaux.

Dans la zone d'étude, les besoins annuels du cheptel s'élèvent à 8952450 unités fourragères. Le taux des besoins des ovins représente la majeure partie. Ces besoins sont de l'ordre de 86.14 %, suivi de ceux des caprins avec 7.5 % et enfin les bovins avec seulement 6.36%. Ces besoins sont tirés essentiellement des parcours forestiers dont le potentiel reste en deçà des capacités existantes, ce qui contribue à un surpâturage et une forte pression pastorale.

Le potentiel fourrager disponible dans les parcours forestiers de la zone d'étude, s'évalue globalement à 689990 unités fourragères par an.

L'analyse des résultats obtenus montre que le potentiel fourrager des espaces forestiers ne répond pas dans les mêmes termes aux besoins alimentaires du cheptel. Les besoins sont largement supérieurs à l'offre fourragère. (La comparaison des besoins du cheptel et des quantités de fourrage disponibles dans la zone d'étude montre un déficit fourrager annuel moyen de (- 8362460 UF). En outre, On remarque que la charge réelle (Cr) est supérieure à la charge d'équilibre (Ce) ce qui indique une surcharge animale sur les terrains des parcours.

Le déficit fourrager et le fort coefficient de surpâturage calculé donne une idée claire de l'état actuel des parcours en forêt, il confirme cependant la pression énorme exercée sur notre écosystème.

L'intensité du surpâturage est donc proportionnelle à la différence entre la quantité de matière végétale prélevée et l'accroissement annuel.

Pour notre zone d'étude, l'indice de pression est très fort (28) car cette forêt est très enclavée (renferme beaucoup d'habitants et de cheptel). La pression des habitants sur cette forêt est très forte et se traduit par des défrichements, des coupes d'arbres et d'arbustes et des incendies répétés.

Les parcours forestiers subissent une forte pression anthropozoogène qui ne cesse de les dégrader et de les exposer aux méfaits de la désertification/dératisation. L'insuffisance des cadres techniques spécialisés en matière de recherche et de vulgarisation dans le domaine pastoral constitue un frein au développement de ce secteur. Il est important, cependant, pour sauvegarder ce patrimoine et lutter contre la désertification de procéder à l'amélioration du couvert végétal par le biais de la mise en défens. , Au réajustement de la charge en égard de la capacité de production, à l'ensemencement des parcours par des espèces à haute productivité, à la réalisation de plantations d'arbustes fourragers, à la pratique de la fumure minérale et à la

complémentarité entre la production pastorale et la production des fourrages sur les terres agricoles. La mise en place d'une stratégie pastorale, basée sur une législation et son application stricte paraît revêtir une urgence particulière et une nécessité impérieuse.

L'analyse des indicateurs développés confirme bien le constat qu'on peut à priori, tirer en prospectant dans la forêt, il s'est avéré que la forêt de Doui Thabet souffre grossièrement d'un surpâturage très prononcé. En effet, l'équilibre sylvo-pastoral est gravement compromis : le taux de surpâturage global enregistré au niveau de notre zone d'étude est de l'ordre de 92 %. Il est supérieur aux autres forêts méditerranéennes comme le cas de la subéraie de Tabarka en Tunisie où le taux de surpâturage était de 69,3 % pour **CHAËBANE (1984)**, 77 % pour **EL HAMROUNI (1992)** et 83 % pour **NSIBI (2005)** et 68% pour la forêt de Maamora au Maroc (**LAARIBYA et al., 2012**).

## Conclusion

Il ressort clairement de cette partie que la zone de Doui Thebet est diversifiée, avec une richesse spécifique de 344 taxons repartis en 223 genres et 77 familles en particulier par la présence de 31 espèces rares, 25 endémiques, 9 protégées, 73 plantes médicinales (usage local) et 6 orchidées dont une protégée (*Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó) par l'Union internationale pour la conservation de la nature (U.I.C.N), ces résultats ouvrent la porte à l'étude de l'établissement d'une aire protégée, mais qu'elle se dégrade également en raison des activités humaines (indice de pâturage de 92.3 %, l'indice, de l'action anthropique de 28 (sans unité) et un déficit fourrager de 96.46 % et un indice de perturbation de 60 % et du changement climatique (tendance à l'aridité). Cette dernière est caractérisée par de fortes températures et s'étale sur sept mois et ne diminue pas la précipitation entre 180-200 mm/an par rapport à l'ancienne période) ce qui nécessite la mise au point de plans et de techniques de restauration et de réhabilitation en urgence, ce que nous ferons dans les recherches que nous mènerons dans la prochaine partie de cette étude.

Le *Pinus halepensis* Mill., *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. et *Juniperus oxycedrus* L. sont des essences forestières majeures de la zone d'étude, elles présentent une régénération intéressante, ce qui favorise la dynamique végétale.

**Partie II**  
**La restauration écologique**

## **Introduction**

*Pinus halepensis* Mill., *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. et *Juniperus oxycedrus* L. sont des essences forestières majeures dans la région Méditerranéenne (QUEZEL, 2000). Ces essences sont particulièrement résistantes à la sécheresse et peuvent se développer dans une large gamme de conditions écologiques (BARBERO et al., 1990 ; QUEZEL, 2000).

La sylviculture et la régénération de ces essences en région méditerranéenne présentent encore de nombreuses interrogations, du moment que, les peuplements âgés ne se régénèrent pas toujours facilement dans le cadre de la gestion traditionnelle (LATREUCH-BELAROUCI et al., 2009 ; NASRALLAH, 2014 ; HASNAOUI et NASRALLAH, 2013 ; NASRALLAH et KEFFIFA, 2015 ; AOUADJ et al., 2020a ; AOUADJ et al., 2020b). Les gestionnaires lesquels ont besoins de mettre en œuvre de nouvelles techniques pour faciliter la régénération naturelle de ces formations forestières. Différentes actions de conservations et de reconstitutions à travers des PNR (plans nationaux de reboisements...etc) ont été conduites par les instances compétentes sans aboutir aux résultats escomptés (BENABDELI, 1996 ; LATREUCH-BELAROUCI et al., 2009 ; NASRALLAH et KEFFIFA, 2015).

Les stratégies de la restauration et de la conservation des écosystèmes naturels dégradés commencent par comprendre le comportement de la végétation dans sa composition et dans son dynamisme et évaluer le degré de dégradation de ces potentialités (FENNANE et al., 2009 ; AOUADJ et al., 2020c ; AOUADJ et al., 2020d). En ce sens, nous avons procédé à un diagnostic phytoécologique des écosystèmes de la zone de Doui Thabet en premier temps, pour élaborer une stratégie de restauration de cet écosystème dégradé dans un deuxième temps (AOUADJ et al., 2020e ; AOUADJ et al., 2020f). De ce fait, cette contribution vise à mettre le doigt sur les difficultés aussi connexes qui pèsent sur les écosystèmes forestiers en place et proposer des techniques de restauration appropriées. Nous sommes alors désireux de connaître les techniques à mettre en œuvre pour faciliter la régénération naturelle de cette formation mixte (Forêts de Doui Thabet).

Différents traitements de la végétation et du sol ont été testés afin de connaître les traitements du sol et de la végétation les plus favorables à la régénération de cette forêt durant la période de 2018-2020 (trois campagnes).

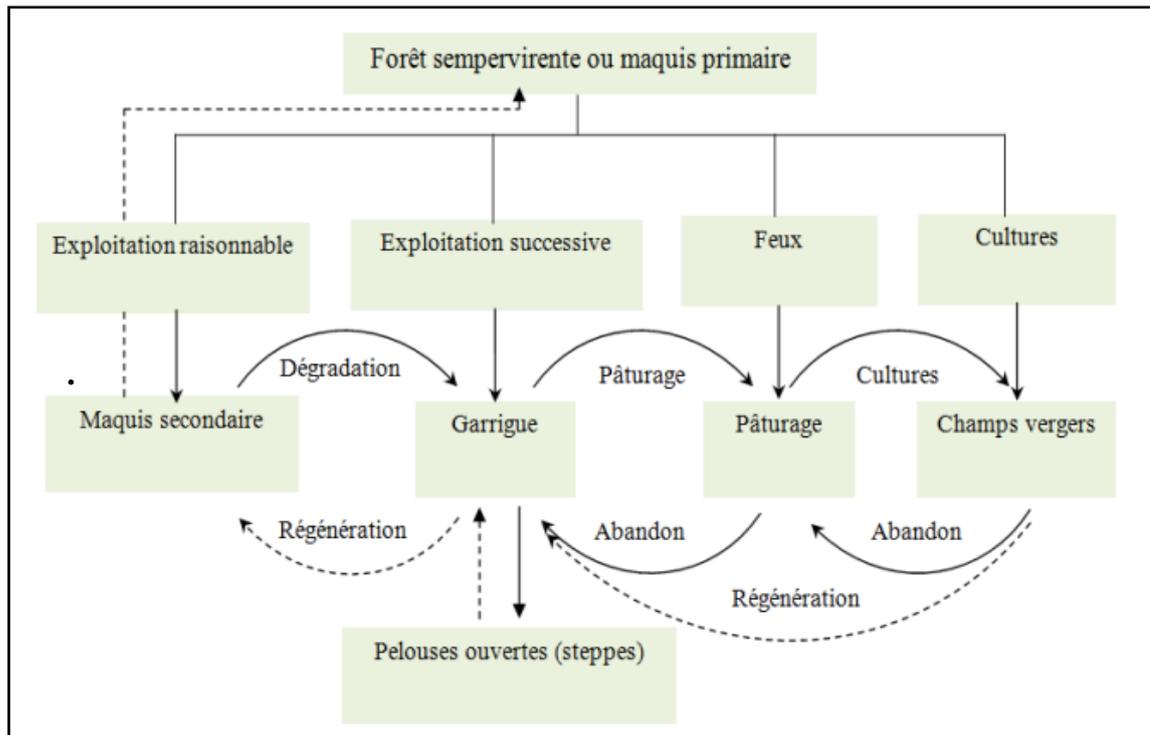
## **Chapitre I**

### **Concepts dans la restauration écologique**

## I. Restauration écologique

### 1. Dynamique du couvert végétal

On entend par « dynamisme de la végétation » les modifications et transformations survenues ou pouvant encore se manifester au sens de la végétation (figure 27), transformations soit naturelles, soit dues à l'homme, tant dans le sens progressif (évolution) que dans les sens régressif (dégradations) (GUINOCHET, 1955 ; SAIDI, 1984).



**Figure 27.** Etapes de la dynamique des peuplements végétaux soumis à l'action de l'homme en région méditerranéenne (POLUNIN et HUXLEY, 1965 ; AMMAR KHOUDJA, 1986).

#### 1.1. Evolution

L'évolution progressive de la végétation a lieu chaque fois que la cause dégradante disparaît. Lorsque l'action humaine est absente ou moindre, la tendance évolutive des communautés végétales s'explique par une meilleure exploitation des ressources trophiques de l'environnement (AMMARA-KHOUDJA, 1986).

Il y a deux types d'évolution du tapis végétal : l'évolution cyclique et l'évolution progressive ou régressive ou évolution linéaire. (GOUNOT, 1969 ; AMMARA KHOUDJA, 1986). L'évolution linéaire, pendant son dynamisme peut ou non passer par les mêmes stades dans les deux sens (LEMEE, 1978).

## 1.2. Dégradation

La dégradation de quelque façon qu'elle se soit produite, passe par différents stades, qui peuvent varier selon l'intensité de la dégradation, la localité géographique où elle se produit (**DAJOZ, 1971**). En effet, il a été démontré que chaque écosystème est caractérisé par un seuil de dégradation à partir duquel, même en cas de disparition de la perturbation, le retour à un état antérieur ne peut être que très lent (**FERCHICHI, 1999**). Dans le cas de la steppe algérienne, selon **FERCHICHI (1994)** et **TARHOUNI et al. (2007)**, quand ce seuil est atteint, le retour vers un écosystème productif nécessite une très forte intervention humaine qui s'appuie sur la réactivation du fonctionnement hydrique du sol, la reconstitution du stock de graines du sol, la réintroduction d'espèces pastorales et aussi la collaboration des agropasteurs. Selon **GAUSSEN (1952)**, du point de vue théorique, à n'importe quel stade de dégradation, si la cause qui a provoqué celle-ci vient de disparaître, il peut se produire une reprise évolutive de la végétation vers le stade précédent. D'après le même auteur, la différence entre dégradation et l'évolution progressive consiste surtout dans le fait que, tandis que la première a lieu à brève échéance, la seconde est lente (**GAUSSEN, 1952**). Par conséquent, sur le plan pratique, cette évolution peut être presque imperceptible (**SAIDI, 1984**). La fragilité des écosystèmes méditerranéens et la surexploitation de leurs ressources, rendent ces milieux plus vulnérables. En Algérie, ces écosystèmes connaissent depuis longtemps une dégradation excessive du couvert végétal. Cette dégradation est le résultat conjugué des facteurs naturels et d'actions anthropiques.

Les facteurs de dégradation du couvert végétal en Algérie, Malheureusement et suite à une longue histoire d'occupation humaine, l'Algérie ne renferme plus à l'heure actuelle, d'écosystème terrestre vierge d'action anthropique. L'action conjuguée de la hache, du feu et du pâturage en forêt a provoqué la transformation des forêts en formations végétales dégradées. Les steppes ont également été considérablement dégradées, par suite du surpâturage et même de mise en culture inadaptée. En conséquence, les communautés végétales propres à ces écosystèmes ou ce qu'il en reste, ne sont plus qu'un pâle reflet de ce qu'elles étaient dans leurs conditions primitives (**MICLE, 1997**). Cette destruction progressive est liée à des facteurs anthropiques, quelquefois naturels. La forêt algérienne a perdu 1 815 000 ha entre 1850 à 1955 et 1 215 000 ha entre 1955 à 1997 (**DGF, 2004**), à cause de plusieurs défis.

En écologie, une perturbation est un changement temporel de courte durée et imprédictible dans les conditions du milieu et/ou dans la composition de biocénoses suffisamment important pour induire un changement significatif de l'écosystème.

La résilience écologique est la capacité d'un écosystème à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante (figure 28).

Alors que la dynamique temporelle des communautés (**MEDIOUNI et AZIRA, 1992**) passe par trois stades :

- ✓ Stade initial suivant une perturbation

- ✓ Stades intermédiaires : Diversité maximale
- ✓ Stade final climacique : Biomasse et complexité maximales.

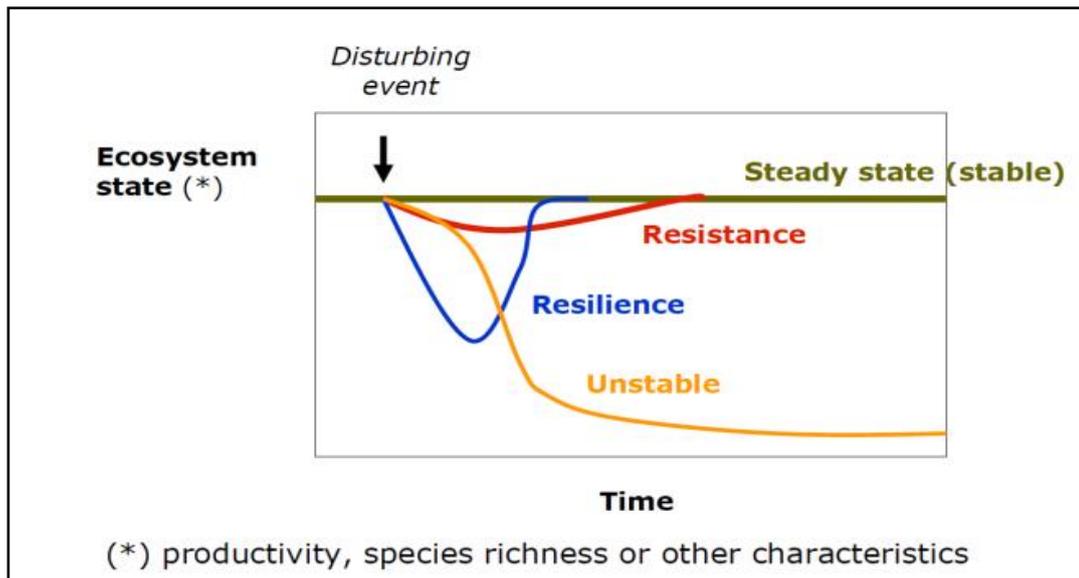


Figure 28. Dynamique temporelle des communautés (MEDIOUNI et AZIRA, 1992).

#### 4. La restauration écologique

C'est une forme de restauration visant à reproduire de près la structure et la composition floristique du couvert originel et à restaurer les processus et la biodiversité écologique dans leurs conditions historiques antérieures (OIBT, 2005). Elle se base largement sur la théorie de la succession et la théorie de l'assemblage, en considérant la restauration comme initiant ou accélérant l'assemblage d'une série d'espèces (CRISTOFOLI et MAHY, 2010).

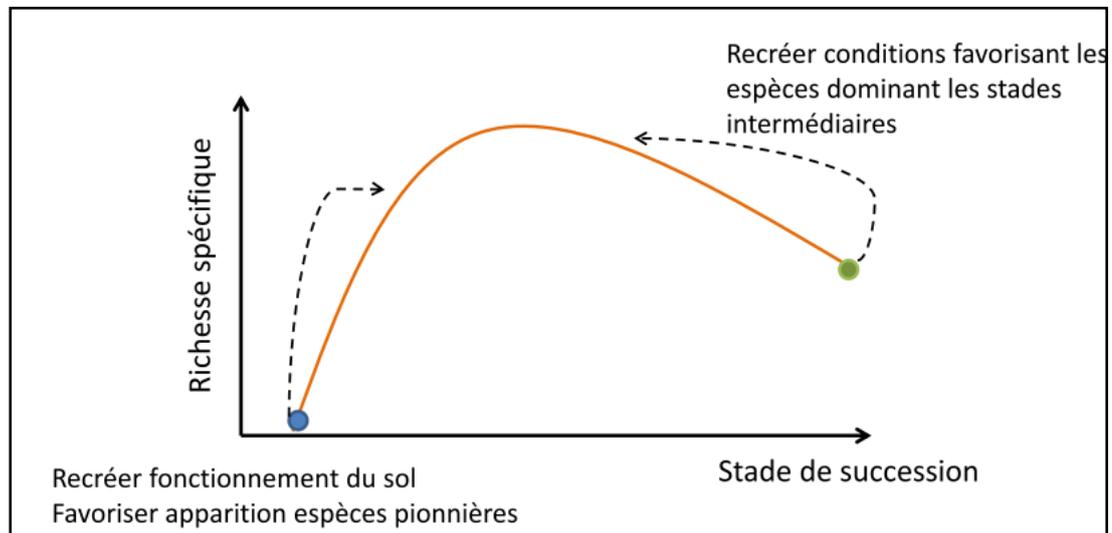
Selon SER et al. (2004), la restauration écologique est la pratique de restaurer les écosystèmes. C'est un processus qui assiste l'autoréparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit. Elle vise à rétablir l'intégrité biotique préexistante en termes de composition spécifique et de structure des communautés. En effet, elle tend vers le retour d'un écosystème à sa trajectoire historique. Autrement dit, elle vise à initier ou faciliter la reprise des processus qui permettront le retour de l'écosystème vers sa trajectoire attendue.

Cette trajectoire historique décrit le chemin évolutif d'un écosystème au cours du temps. En restauration, elle commence avec l'écosystème non-restauré et progresse vers l'état attendu d'autoréparation souhaité dans les buts du projet de restauration et exprimé dans l'écosystème de référence. Elle englobe tous les attributs écologiques, biotiques et abiotiques, d'un écosystème, et en théorie peut être suivie par la mesure séquentielle de suites cohérentes de paramètres écologiques.

La direction et les limites générales de la trajectoire peuvent être établies par une combinaison de connaissances sur la structure préexistante de l'écosystème endommagé, sa composition et son fonctionnement ; d'études sur des écosystèmes intacts comparables ; d'informations sur les conditions environnementales régionales ; et d'analyses d'autres informations écologiques, culturelles et références historiques. Sur ce, l'analyse de la structure

de la communauté consiste à connaître la physionomie ou l'architecture de la communauté considérant la densité, la stratification horizontale, la fréquence de distribution des populations et, les tailles et formes de vie des organismes que comprennent ces communautés.

Bref, bien que l'objectif de recréer un écosystème semblable à l'écosystème originelle soit impossible, la restauration écologique est d'une importance capitale du moment où elle vise à augmenter la résilience d'un écosystème (figure 29).



**Figure 29.** La relation entre la succession et la restauration écologique des écosystèmes (CRISTOFI et MAHY, 2010).

## 4.1. Les voies de la restauration

### 4.1.1. Restauration *sensu stricto* et *sensu lato*

La Society for Ecological Restoration (S.E.R) définit la restauration comme "la transformation intentionnelle d'un milieu pour y rétablir l'écosystème considéré comme indigène et historique. Le but de cette intervention est de revenir à la structure, la diversité et la dynamique de cet écosystème". Il est donc implicite, dans cette définition, que la restauration consiste autant que possible à rétablir la composition taxonomique intégrale de l'écosystème préexistant. La restauration d'écosystèmes dégradés peut dans ce cas être comparée à la restauration d'une peinture de la Renaissance détériorée au cours du temps mais dont les traits et les couleurs originels sont encore suffisamment perceptibles pour que le travail soit possible pour les artistes restaurateurs. De la même façon, la restauration écologique, dans le sens que lui donne la SER, suppose un retour parfait, ou presque, d'un milieu à son état antérieur (CRISTOFI et MAHY, 2010).

Cependant, comme il est souvent difficile de déterminer avec exactitude à quoi ressemblaient ou comment fonctionnaient les écosystèmes historiques ou préhistoriques préexistants, il est seulement possible de ré-établir les espèces de communautés connues.

Les efforts de la restauration, ainsi définie, sont ternis par les ambiguïtés des objectifs et des critères d'évaluation du succès. Nous proposons que le terme "restauration" soit réservé au rétablissement de la biodiversité, de la structure et des fonctions d'écosystèmes présentant encore un niveau suffisant de résilience (dégradation non irréversible) pour que l'intervention de l'homme soit, si possible, limitée à une diminution puis un contrôle de son niveau de pression.

Selon la qualité de la gestion mise en œuvre, la restauration de l'écosystème s'effectue selon une "trajectoire" qui peut, éventuellement, être pour partie différente de la trajectoire "naturelle" avant dégradation (voir définition et discussion ci-après).

Nous suggérons également de recourir au terme "restauration sensu stricto" pour décrire la restauration qui répond à cette définition de la SER et de lui opposer le terme de "restauration sensu-Lato" qui vise simplement à stopper la dégradation et à remettre un écosystème dégradé, mais présentant encore un niveau suffisant de résilience, sur la trajectoire dynamique sensée être la sienne avant la perturbation.

Malgré cette différence, l'objectif premier de la restauration sensu stricto et sensu-Lato est de rétablir la biodiversité, la structure et la dynamique de l'écosystème préexistant.

Lorsque la pression exercée sur un écosystème a été trop intense, ou trop longtemps maintenue, celui-ci est alors susceptible de ne plus présenter de capacité dynamique suffisante pour que la seule diminution de la pression humaine lui permette de "se restaurer", c'est-à-dire de revenir à ce qui constituait son état antérieur. La dynamique est alors devenue nulle ou est interrompue et bloquée à un niveau ou sur une trajectoire différente de celle de l'écosystème de référence.

Une intervention humaine forte est alors nécessaire pour faire évoluer l'écosystème, soit en replaçant l'écosystème sur une trajectoire favorable (réhabilitation), soit en le transformant pour un nouvel usage (réaffectation) (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

#### **4.1.2. Réhabilitation**

Telle que nous l'entendons la réhabilitation vise à réparer, aussi rapidement que possible, les fonctions (résilience et productivité), endommagées ou tout simplement bloquées, d'un écosystème en le repositionnant sur une trajectoire favorable (la trajectoire naturelle ou une autre trajectoire à définir) (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

Plusieurs moyens peuvent être employés dans la réhabilitation d'un écosystème dégradé et il y a au moins autant de trajectoires potentielles que d'actions entreprises. Ces trajectoires sont le plus souvent distinctes de la trajectoire naturelle, qui était celle supposée connue de l'écosystème avant dégradation (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

Ce retour, vers un état antérieur, doit être favorisé par des actions telles que la réintroduction de matériel végétal et des micro-organismes associés ou encore des travaux du sol permettant une amélioration consécutive de son fonctionnement hydrique ou des cycles de nutriments, etc. La réintroduction de matériel végétal peut être limitée à la mise en place d'un

écosystème simplifié "synthétique", comportant un nombre réduit d'espèces, et constituant une étape intermédiaire entre l'état dégradé et l'écosystème de référence (figure 30).

Restauration et réhabilitation ont donc comme objectif majeur commun de recréer des écosystèmes autonomes (ou durables) caractérisés par une succession dans les communautés animales et végétales et par la capacité de réparer eux-mêmes les méfaits dus à des perturbations modérées naturelles ou anthropiques. De même, la restauration et la réhabilitation admettent, comme objectifs explicites ou implicites, un retour au précédent niveau de flux d'énergie et cycles de nutriments ainsi que le rétablissement des conditions nécessaires à un bon fonctionnement hydrique du sol (infiltration, bilan) au niveau de la rhizosphère de l'écosystème (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

Cependant, alors que la restauration sensu stricto conduit invariablement à un retour direct et total à l'écosystème préexistant, la restauration sensu-lata et plus particulièrement encore la réhabilitation, permettent le retour à l'un des stades alternatifs stables possibles ou encore à un écosystème simplifié "synthétique" en tant qu'étape intermédiaire (figure 30). Les stades alternatifs stables évoqués ici peuvent avoir, ou non, été des étapes dans les processus de la dégradation de l'écosystème original.

La différence entre restauration sensu-Lata et réhabilitation réside dans le fait que cette dernière nécessite fréquemment que soit imposé un "démarrage forcé" d'une nouvelle trajectoire de l'écosystème et que soient combattues les conditions d'établissement des seuils d'irréversibilité alors que, par opposition, les projets de restauration s'appliquent à des écosystèmes présentant encore la capacité de réparer eux-mêmes les effets négatifs de perturbations légères (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

Ce que nous nommons réhabilitation a fréquemment été nommé réclamation en anglais particulièrement quand il s'agissait de revégétalisation de terrils miniers. Le terme réclamation a par ailleurs été utilisé comme synonyme des deux aspects de la restauration et dans quelques cas avec ce que nous appelons réaffectation.

### **4.1.3. Réaffectation**

La réaffectation est le terme général décrivant ce qui se passe quand une partie (ou la totalité) d'un paysage, quel que soit son état, est transformée et qu'un nouvel usage lui est assigné, Ce nouvel état est éventuellement sans relation de structure et/ou de fonctionnement avec l'écosystème préexistant (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

Modifier un écosystème, par la gestion qui en est faite, afin d'en privilégier un élément ou une fonction particulière, au prix d'interventions constantes, constitue également une réaffectation.

Par souci de simplification, la réaffectation est, dans la figure 30, indiquée comme prenant surtout place dans les stades les plus avancés de la dégradation de l'écosystème et même éventuellement quand un ou plusieurs seuils d'irréversibilité ont été franchis (**CRISTOFLI et MAHY, 2010**).

A l'inverse de la restauration et de la réhabilitation, des actions de réaffectation sont couramment réalisées par les populations. Ces actions nécessitent des apports permanents d'intrants sous forme d'énergie, d'eau et/ou de fertilisants. Les vastes plantations d'arbustes fourragers (*Atriplex*, *Acacia*, et *Opuntia*, etc.) réalisées par exemple en Afrique du Nord sont autant d'exemples de réaffectation.

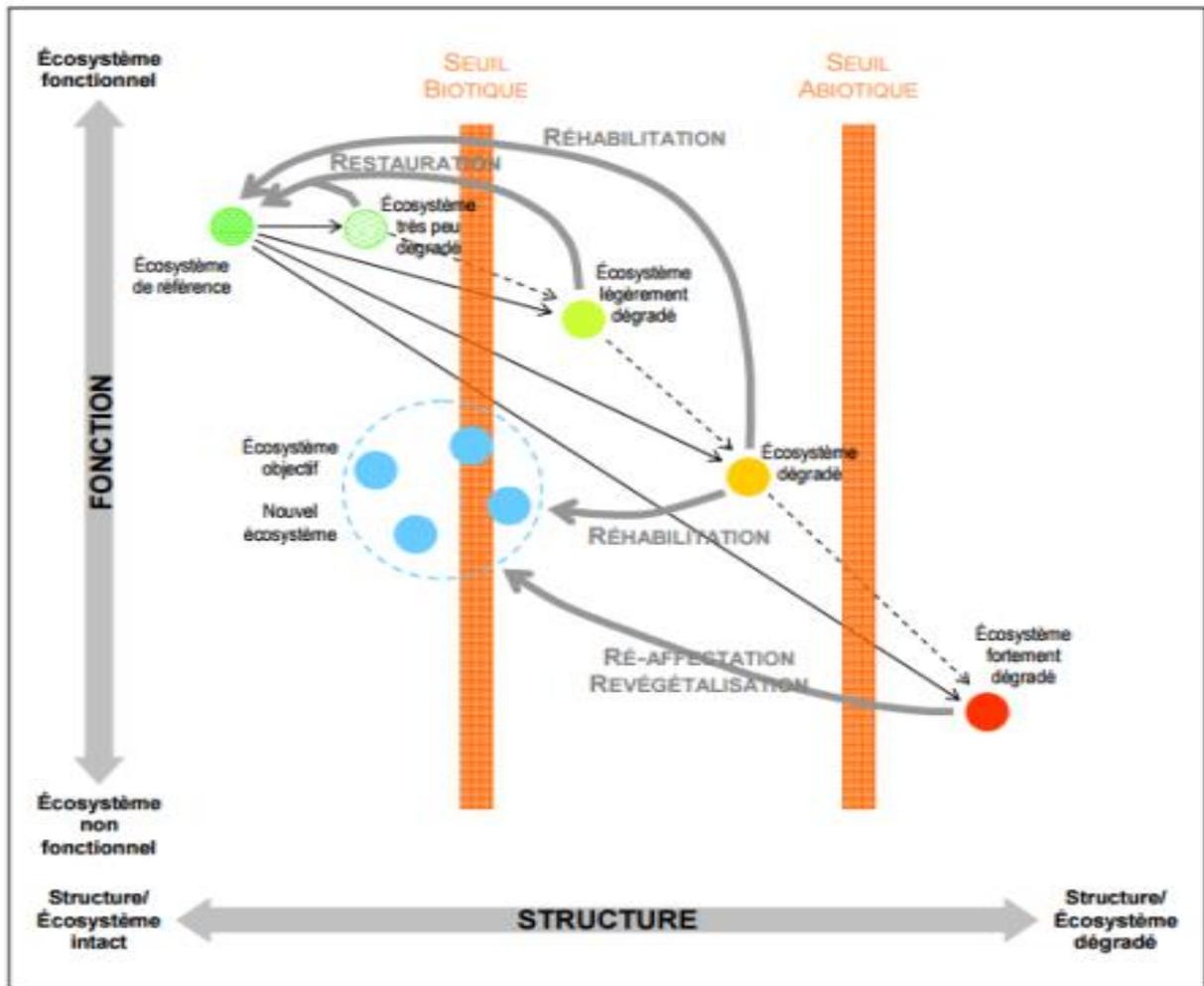
En réalité, la réaffectation peut intervenir à tous les niveaux et même sur un écosystème non encore perturbé. La réaffectation a, au cours de l'histoire des activités humaines, souvent été judicieusement conduite (type et intensité des actions anthropiques) dans des milieux de productivité élevée peu vulnérables et de forte résilience face aux perturbations. Les problèmes, les plus graves, naissent de fait quand cette réaffectation concerne, de façon plus ou moins anarchique, tous les éléments d'un même paysage. Une réaffectation bien conduite doit donc prendre, également, en compte la position relative de la portion de territoire qu'elle concerne dans le paysage afin que soient en particulier respectés les flux et les circulations dont la rupture fragilise certains autres écosystèmes situés par exemple en aval (**CRISTOFI et MAHY, 2010**).

La pertinence d'une réaffectation peut, en particulier, être évaluée par le niveau de maintien de la possibilité de réorienter l'usage qui est fait de cette portion de territoire (réaffectation multiple) pour faire face à d'éventuels changements des besoins économiques, culturels ou autres.

Réhabilitation et réaffectation nécessitent que soit imposé le "démarrage forcé" d'une trajectoire évolutive de l'écosystème. L'intervention humaine volontaire et forte permettant ce "démarrage forcé" peut être limitée dans le temps dans le cas de la réhabilitation (figure 30).

Les subsides sont plus importants et, de plus, régulièrement apportés (semences, fertilisants, irrigation, gestion, etc.) lorsqu'il s'agit de la réaffectation.

Il reste, bien entendu, possible d'utiliser conjointement, ou successivement, les voies précédemment présentées, sur les mêmes unités de terrain. On peut ainsi par exemple envisager, sur un espace très dégradé, d'avoir d'abord recours à une phase de réaffectation permettant de stopper les méfaits d'une érosion et conjointement (ou dans une seconde phase) d'entreprendre la réhabilitation du même espace. Il est également possible, par exemple, pour des écosystèmes non irréversiblement dégradés mais dont la dynamique est très lente, d'abrèger le temps nécessaire pour un retour à l'écosystème préexistant en accroissant, par ressemés, la densité de telle(s) ou telle(s) espèce importante (**CRISTOFI et MAHY, 2010**).



**Figure 30.** Les processus écologiques au cours de la restauration écologique d'un écosystème forestier (VALLAURE et CHAUVIN, 2005).

## 4.2. Ecosystème de référence

Ainsi que l'ont souligné Cairns, Simberloff et Sprugel, il n'est pas souvent aisé de définir quels critères écologiques retenir pour évaluer le succès relatif des essais de restauration et de réhabilitation. De même, dans le but de décrire une expérimentation et d'en permettre l'évaluation, il est souhaitable de disposer dès le départ d'une norme de comparaison et d'évaluation, même si elle est en partie arbitraire. Cette norme nous la dénommons "écosystème de référence".

Dans la restauration sensu stricto, il s'agit normalement de ce que le S.E.R désigne par "écosystème historique indigène", mais dans les opérations de restauration sensu Lato et de réhabilitation (et bien entendu de réaffectation), il peut s'agir de quelque chose de différent en fonction de l'état d'avancement de la dégradation ainsi que des besoins des propriétaires ou des populations locales (VALLAURE et CHAUVIN, 2005).

### **4.3. Stades alternatifs stables**

Il est souvent accepté, si la dégradation n'a pas été trop intense, qu'un retour à un stade semblable au stade "historique" reste possible si l'on supprime les causes anthropiques de cette dégradation (feux intentionnels, coupe à blanc, surpâturage, etc.) et que l'on permet aux processus naturels de faire leur œuvre. Cette possibilité reste peu fréquente en zones aride et semi-aride, où il semble plus raisonnable de choisir de retourner à un stade intermédiaire, à un stade alternatif stable ou encore métastable, qui puisse être atteint et maintenu sous un niveau de perturbation anthropique relativement faible mais éventuellement persistant. Ceci implique que de nouvelles attitudes et pratiques, concernant en tout premier lieu les meilleures techniques d'aménagement, soient inculquées aux populations locales. Bien entendu, certaines perturbations peuvent apparaître, même en l'absence de l'homme ; c'est le cas par exemple des feux spontanés, des ouragans, des éruptions volcaniques, des épidémies, mais ces phénomènes semblent être rares en zones aride et semi-aride (**VALLAURE et CHAUVIN, 2005**).

### **4.4. Espèces clef de voûte**

Il s'agit des espèces dont la présence, à une densité suffisante, est nécessaire au maintien de la structure et du fonctionnement de l'écosystème. Le concept, qui a d'abord été utilisé dans les travaux concernant la biologie de la conservation, semble également adapté à l'écologie de la restauration et de la réhabilitation. Ainsi la tentative de réorienter la trajectoire d'un écosystème dégradé peut-être facilitée par la réintroduction soigneuse, ou l'accroissement de la densité, des espèces clef de voûte et quand cela s'avère nécessaire par l'éradication des espèces "exotiques" introduites volontairement ou par inadvertance (**VALLAURE et CHAUVIN, 2005**).

### **4.5. Seuil d'irréversibilité**

Le concept de "seuil", dans les changements environnementaux, est bien établi en écologie et a également été, récemment, appliqué à l'aménagement des terres de parcours. Ces seuils d'irréversibilité ne sont généralement pas aisément détectables ou quantifiables.

La plupart des écosystèmes des zones aride et semi-aride ne peuvent revenir à un état antérieur, quand ils ont franchi ne serait-ce qu'un de ces seuils, sauf en cas d'interventions réalisées pour corriger les changements qui ont conduit à ce franchissement. Par exemple il peut être nécessaire de reconstituer la banque de semences ou le stock de matière organique et de micro-organismes du sol afin de faciliter l'établissement des plantes et leur croissance.

Quand la troncature des horizons supérieurs du sol, la sédimentation, la salinisation ou d'autres processus ont profondément modifié les couches de surface du sol, il peut être indispensable de reconditionner les sols ou de réactiver leur fonctionnement hydrique.

#### 4.6. Résistance et résilience

La résistance est l'inertie d'un écosystème au changement, et la résilience est son aptitude à revenir à sa trajectoire antérieure de succession progressive après disparition des perturbations externes qui l'en avaient dévié. La résilience est peut-être le meilleur indicateur de la santé ou de l'intégrité d'un écosystème. La stabilité est un concept général regroupant à la fois résistance et résilience.

Les manières de mesurer la résistance et la résilience n'ont, en réalité, été que peu documentées. **WALKER et al. (2010)** ont proposé deux critères possibles d'évaluation, de toute évidence plus applicables à la réhabilitation qu'à la restauration :

- le coefficient de variation de la productivité dans diverses trajectoires ;
- le taux de retour au niveau antérieur de productivité suite à des interventions spécifiques. Pour cette dernière, quelques mesures de la structure de l'écosystème incluant sa biodiversité seraient également nécessaires.

Un point à mettre en valeur est que la résilience et la résistance sont souvent indépendantes l'une de l'autre. Cependant, nous pensons qu'aucune généralisation ou équation de l'une d'entre elles ne peut s'appliquer à la totalité des processus de la trajectoire d'un écosystème. Elles ne peuvent donc s'appliquer que dans le contexte d'une phase précise, régressive ou progressive, d'une trajectoire délimitée par un plafond et un plancher.

Nous suggérons également que, dans une phase donnée de dégradation, l'accroissement de la résistance coïncide avec une réduction de la résilience.

#### 4.7. Trajectoire

La trajectoire d'un écosystème n'est pas un synonyme de "succession", quoiqu'il y ait un certain chevauchement entre les deux termes. Il s'agit, de fait, d'un terme général recouvrant, pour un écosystème donné, à la fois la succession, telle qu'elle a été définie par Cléments et tous les itinéraires possibles de développement, ou, mieux encore, d'évolution de cet écosystème sous quelque pression que ce soit.

La trajectoire de retour vers l'écosystème de référence (par exemple l'état alternatif stable choisi) peut, éventuellement dans le contexte de la restauration, être très exactement l'inverse (hystérésis) de celle parcourue lors de la dégradation.

Dans le cadre d'essais de réhabilitation, il peut être envisagé soit de ramener au plus tôt l'écosystème sur sa trajectoire "naturelle", à savoir celle de l'écosystème préexistant à un moment donné de son histoire, soit de choisir une trajectoire partiellement différente mais conduisant cependant vers l'un des états alternatifs stables, désigné comme écosystème de référence. Il existe parfois plusieurs trajectoires possibles pour parvenir à un même "état alternatif stable". Il reste également possible, dans ce même contexte, que la trajectoire retenue permette de franchir un ou plusieurs seuils d'irréversibilité.

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, la réaffectation peut être appliquée à un écosystème quel que soit son état. Par exemple, au niveau de la Figure 40, elle est schématisée comme concernant aussi bien un écosystème "initial" (cl) qu'un écosystème gravement dégradé. Il est donc concevable que l'on puisse "piloter" un écosystème sur une trajectoire préalablement choisie en fonction d'objectifs à atteindre. Piloter la trajectoire d'un écosystème, c'est agir sur l'ensemble des forces et des processus qui, à terme, détermineront sa structuration (gamme de types biologiques parmi les végétaux, réseaux trophiques parmi les animaux, etc.) lui permettant ainsi de retrouver rapidement les cycles, les flux, les niveaux de variabilité génétique des populations, les interactions inter et intra-spécifiques de la biocénose totale, ainsi que la richesse spécifique de tous les compartiments principaux: producteurs, consommateurs et décomposeurs (c'est-à-dire richesse microbiologique et méso-faunique dans les sols et les eaux).

Le bon choix d'une trajectoire pour tout écosystème, même délaissé (déprise), implique de prendre en compte, prioritairement, deux aspects, à savoir : le stade de dégradation atteint par l'écosystème et les principales conséquences des mésusages qui en ont été faits.

Les voies (restauration, réhabilitation, réaffectation) et les trajectoires doivent être choisies sans perdre de vue que, le futur lointain étant pour une bonne part imprévisible, d'éventuels changements locaux, régionaux, nationaux ou globaux sont toujours possibles qui peuvent rendre de nouveau "rentables" l'agriculture, la foresterie, etc. La localisation des interventions à travers le paysage est à effectuer avec le plus grand soin. Autrement dit, il importe de limiter au strict nécessaire, surtout dans les portions du paysage les plus sensibles à la dégradation et aux perturbations (érosion, inondations ...), les interventions plus ou moins irréversibles.

Par exemple, la construction de lotissements ruraux, et péri-urbains, sur des terrains fertiles ou régulièrement inondés et consacrés à l'agriculture depuis "tous les temps" représente une mauvaise réaffectation, sauf à imaginer que des mesures ultérieures seront prises, si le besoin s'en faisait sentir, pour restituer à ces "terrains bâtis" leur destination agricole ou forestière.

La dégradation peut éventuellement faire changer de trajectoire un écosystème en modifiant par exemple les pressions extérieures. Il en résulte qu'un écosystème dégradé puis délaissé (non piloté) suit l'une des, parfois nombreuses, trajectoires possibles, en fonction des forces qui s'y exercent. Certaines de ces trajectoires peuvent être péjorantes pour l'écosystème et entraîner une aggravation persistante de sa dégradation.

#### **4.8. Attributs vitaux de l'écosystème**

**ODUM** avait, dès **1969**, déterminé, au niveau de l'écosystème, une liste d'attributs permettant de comparer entre eux les différents stades d'une succession.

Malheureusement, peu de choses ont été faites depuis lors pour tester ses idées sur la stratégie de développement d'un écosystème. **NOBLE et SLAYTER (1980)** ont cependant défini plusieurs catégories d'attributs vitaux, du cycle biologique, utiles pour l'évaluation de la

réponse d'une espèce à une perturbation récurrente. Modifiant ici le concept de **NOBLE et SLAYTER (1980)**, et rendant à **ODUM (1969)** ce qui lui appartient, nous définissons comme étant "attributs vitaux de l'écosystème" (AVE) les caractéristiques ou attributs qui sont corrélés et peuvent servir d'indicateurs de la structure et du fonctionnement d'un écosystème. Ils peuvent donc servir dans la formulation d'hypothèses et la conception d'expérimentations relatives à la restauration et à la réhabilitation.

Il est possible de présenter plusieurs classements des attributs que nous avons retenus selon qu'ils qualifient, par exemple, plus particulièrement la structure ou le fonctionnement de l'écosystème. Il paraît cependant préférable de les présenter selon l'ordre logique suivant :

- 1) richesse floristique en espèces pérennes,
- 2) richesse floristique en espèces annuelles,
- 3) spectre biologique,
- 4) diversités alpha et bêta des végétaux et des animaux,
- 5) recouvrement total de la végétation,
- 6) phytomasse aérienne sur pied,
- 7) productivité de la biomasse,
- 8) présence et activité des espèces clés de voûte (végétales et/ou animales),
- 9) stock de graines viables dans le sol,
- 10) état de la surface du sol,
- 11) coefficient d'infiltration des pluies,
- 12) coefficient d'efficacité des pluies,
- 13) réserve maximale en eau disponible,
- 14) durée de disponibilité en eau du sol,
- 15) matière organique du sol,
- 16) capacité d'échange cationique,
- 17) efficacité d'utilisation de l'azote,
- 18) indices des cycles des matériaux,
- 19) abondance relative de mésofaune détritivore,
- 20) infectivité potentielle par les rhizobiums,
- 21) infectivité potentielle par les mycorrhizes.

Cet ensemble de paramètres mérite d'être défini même brièvement afin qu'un consensus puisse se dégager sur l'intérêt de les mesurer ou de les observer.

#### **4.9. Définition des attributs vitaux de l'écosystème**

Ces attributs peuvent de plus être regroupés en thèmes axés sur la diversité végétale, la phytomasse, les relations plante-sol-eau, etc. Il est évident que, dans d'autres situations, d'autres aspects globaux devront éventuellement être privilégiés et la liste des attributs révisée en conséquence. Certains de ces attributs ne peuvent être obtenus dans les conditions expérimentales habituelles mais, beaucoup étant corrélés entre eux, la détermination de l'un d'entre eux permet d'avoir une estimation correcte de certains autres. Nous précisons ici la définition des différents attributs retenus :

1 - La richesse floristique en espèces pérennes (AVE 1) et en espèces annuelles (AVE 2) est relativement facile à obtenir par la répétition de relevés. Combinées, elles sont révélatrices de différences de structure entre les diverses phases de succession d'un écosystème. Les pérennes paraissent occuper une position dominante dans la plupart des écosystèmes terrestres et aquatiques en conditions relativement stables. Par contraste, quelques stades de la succession de la majorité des écosystèmes des zones aride et semi-aride sont caractérisés par leur grand nombre d'espèces annuelles. De même, on associe parfois faible fertilité du sol et grande diversité des espèces annuelles, pour certains pâturages de la zone tempérée et pour les savanes, par exemple. De fait, quelques espèces pérennes peuvent devenir abondantes et envahissantes dans des situations de perturbation prolongée.

Parmi les pérennes, il est utile de distinguer les herbacées des ligneuses puisque les interactions entre espèces de ces deux strates constituent un paramètre important dans les écosystèmes (tels que les savanes, les pâturages semi-arides, les steppes à ligneux bas des zones arides), surtout s'ils sont soumis à une utilisation et à une dégradation anthropique fortes et prolongées.

Quand la chose est possible, il est également utile de prendre en considération la composition taxonomique de l'écosystème de référence.

2- Le spectre biologique (AVE 3), originellement défini par **RAUNKIAER (1934)**, est un indicateur supplémentaire et particulièrement important de la structure de l'écosystème ainsi que, probablement, de son fonctionnement. Comme pour la diversité bêta, la variabilité du spectre biologique d'un écosystème décroît habituellement quand croît son niveau de dégradation. Ce type d'attribut peut en particulier être utilisé pour comparer différents états de formations végétales originellement de même type.

3 - La diversité bêta (AVE 4) est définie comme étant "l'importance du remplacement des espèces ou des changements biotiques le long de gradients environnementaux".

**WHITTAKER (1972)**, **MAC-ARTHUR (1965)** et **WILSON et SHMIDA (1984)** ont prouvé l'importance de la détermination de la diversité bêta en plus de la diversité alpha (nombre d'espèces dans une communauté) comme composante de la diversité totale. **FRANK et MAC-NAUGHTON (1991)** ont montré, dans une étude, la corrélation positive qui existe entre la diversité et les changements de composition spécifique dans la communauté végétale perturbée par la sécheresse.

4 - Le recouvrement total de la végétation (AVE 5) est un bon intégrateur des AVE 1 et 2 mais il peut varier significativement dans l'année et d'une année à l'autre en fonction en particulier du régime pluviométrique. Dans certaines situations, telles que les savanes sahéliennes, le recouvrement végétal total est un des indicateurs les plus utiles.

Cependant, le recouvrement végétal seul, ou même combiné avec la richesse spécifique, ne signifie pas grand-chose par rapport à la productivité de l'écosystème. Il existe deux attributs corollaires importants qui sont, d'une part, la phytomasse aérienne totale (AVE 6) (en kg de matière sèche par unité de surface) mesurée à la fin de la principale saison de croissance et, d'autre part, la productivité qui sera décrite ci-après.

5 - La productivité de la biomasse (AVE 7) ( $\text{kg de biomasse ha}^{-1}\text{an}^{-1}$ ) complémentaire du recouvrement total est intéressante à prendre en compte dans les projets de réhabilitation. Cet indicateur ne peut cependant pas fournir la totalité des informations requises par un gestionnaire d'écosystèmes et ce malgré la généralisation de **MARGALEF (1969)** selon laquelle le quotient de la biomasse sur pied par la productivité annuelle croît quand croît la maturité d'un écosystème. Quelques écosystèmes sont en réalité plus productifs (en termes de kg MS par unité de surface et de temps) durant les premiers stades de dégradation que dans les stades antérieurs à la perturbation. Ceci est dû à une rapide colonisation par des espèces nitrophiles envahissantes incluant en particulier des Composées annuelles et des Graminées, mais également éventuellement par quelques légumineuses ligneuses. Dans les stades avancés de la dégradation, la productivité décroît invariablement très fortement. C'est pourquoi d'autres attributs vitaux sont nécessaires pour décrire le fonctionnement de l'écosystème.

6 - Présence et activité des espèces clef de voûte (AVE 8). On se réfère ici à la définition donnée dans le paragraphe relatif à la terminologie de base. Étant donné l'évidence de plus en plus marquée de l'importance des légumineuses pérennes fixatrices d'azote dans les écosystèmes non perturbés des zones aride et semi-aride, ainsi que dans les stades alternatifs stables des régions sous climat méditerranéen et des savanes, nous présumons que les légumineuses pérennes fixatrices d'azote sont à compter parmi les espèces clef de voûte de nombreux écosystèmes, y compris ceux de nos sites d'étude dans le Chili central, le sud de la Tunisie et le nord du Cameroun.

Une fois identifiées, ou même seulement présumées au niveau des hypothèses de travail, les espèces clef de voûte devraient logiquement faire partie des premières espèces candidates pour une réintroduction expérimentale dans les écosystèmes perturbés.

Cependant, comme la réintroduction d'espèces est coûteuse et risquée et qu'elle nécessite en plus une surveillance sur un long terme, il est bon d'évaluer les méthodes à employer et les risques qu'elles présentent. Leur impact sur les herbacées et les sols peut varier considérablement selon la provenance du matériel végétal introduit.

Si les arbres et arbustes fixateurs d'azote sont des espèces clef de voûte, il est évident que les rhizobiums et autres micro-organismes qui leur sont associés le sont également.

Quoi que ces micro-organismes soient cependant moins bien connus que les végétaux supérieurs, il semble que les considérations faites à propos des espèces végétales clef de voûte doivent également s'appliquer aux micro-symbiontes clef de voûte.

7 - Le stock de graines viables du sol (AVE 9) est considéré comme étant un attribut de grande utilité. L'absence des semences de certaines espèces « clef de voûte » dans le stock de graines viables du sol peut servir de critère de base pour déterminer si la seule mise en défens est susceptible de permettre une restauration. En cas d'absence de ces semences, il est nécessaire de recourir à la réhabilitation par, en particulier, réintroduction de matériel végétal.

8 - L'état de la surface du sol (AVE 10) permet en particulier de présager de l'importance de l'infiltration, du ruissellement et des facteurs de l'érosion dans les zones aride et semi-aride. Cet attribut devient de plus grande importance encore dans les situations où le recours à la télédétection est possible. Sur le terrain, il est nécessaire de bien définir les aspects particuliers les plus primordiaux à observer (pellicule de battance, encroûtement, etc.). Il faut également noter les interrelations entre cet attribut et ceux déjà cités "stockde graines", "coefficient d'infiltration de la pluie" et "coefficient d'efficacité de la pluie". **CASENAVE et VALENTIN (1989)** ont proposé une première clef de détermination des types élémentaires de surface de sol des zones aride et semi-aride.

9 - Le coefficient d'infiltration des pluies (AVE 11), qui est défini comme étant la quantité d'eau infiltrée dans les horizons du sol, constitue ainsi un indicateur de l'état de surface du sol et de leur capacité d'emménagement. Toute l'eau infiltrée dans le sol n'est bien entendu pas obligatoirement utilisée par les plantes. Malgré cela, et au même titre que la réserve maximale en eau disponible pour les plantes, le coefficient d'infiltration de la pluie est un indicateur utile de l'état des sols tant en zones aride et semi-aride qu'ailleurs.

Il est très directement lié à la présence ou à l'absence de croûte de surface qui se forme dans les écosystèmes dégradés et tendent à priver les sols de toute possibilité d'infiltration.

10 - Le coefficient d'efficacité de la pluie (AVE 12) est défini comme étant le quotient de la relation qui existe entre la quantité d'eau précipitée en un endroit et la biomasse aérienne produite en ce même lieu. Dans les zones sèches et ailleurs ce coefficient constitue un excellent indicateur des sols mais également de la productivité des écosystèmes. Le coefficient d'efficacité de la pluie exprimé en kg de biomasse aérienne sur pied produits par mm d'eau évapo-transpirée est plus précis et significatif que le coefficient d'efficacité de la pluie. Cependant, le coefficient d'efficacité de la pluie est plus facile à mesurer dans la majorité des situations et également plus utile pour des comparaisons régionales.

11 - La quantité maximale d'eau disponible dans le sol (AVE 13), même si elle n'est pas toujours facile à mesurer, présente une importance considérable dans les zones aride et semi-aride où les précipitations sont irrégulières. Par exemple, dans les études de cas de **FLORET et PONTANIER (1982)** en Tunisie et de **SEINY-BOUKAR (1992)** au Cameroun, les profils de sol étant peu épais, les réserves en eau sont aisées à mesurer et ont été corrélées avec la productivité. Les différences d'influence de la réserve en eau sur la productivité de biomasse aérienne de plusieurs espèces ligneuses basses et graminées pérennes natives des steppes du sud tunisien sont très importantes et ont été utilisées pour une étude des écosystèmes dans cette

région. Des données similaires relatives aux espèces des pâturages nord-américains ont été utilisées dans une expérimentation sur la restauration et l'aménagement de prairies.

12 - La durée de période de disponibilité en eau du sol (AVE 14) est assez facile à mesurer par divers tensiomètres disposés à différentes profondeurs dans le sol. Quand les données concernant cet attribut sont disponibles, en plus de celles du coefficient d'efficacité de la pluie, il devient possible d'effectuer des prédictions sur la saisonnalité, la durée et l'importance de la production végétale et ainsi d'aider au choix des espèces à introduire dans les premiers stades des essais de restauration et de réhabilitation.

13 - La teneur en matière organique du sol (AVE 15), rapidement accessible, est un attribut hautement révélateur complémentaire des attributs vitaux (5) et (6) de l'écosystème. Il y a une corrélation positive entre, par exemple, la teneur en matière organique et la phytomasse aérienne sur pied dans des sols subtropicaux. Les faibles teneurs en matière organique influencent directement les caractéristiques du sol critiques pour l'établissement des plantules, pour l'infiltration de l'eau et la pénétration des racines dans les zones arides et semi-arides. En conséquence, il y a un grand intérêt à étudier la litière, les détritivores et d'autres contributeurs potentiels à la matière organique de ces écosystèmes.

14 - La capacité d'échange cationique (AVE 16) est généralement considérée comme étant un attribut très hautement sensible à la dégradation et directement corrélé à la fertilité du sol.

15 - Le coefficient d'efficacité de l'azote (AVE 17) est un attribut vital puisque, même dans les milieux aride et semi-aride, l'azote et le phosphore disponibles (et les autres nutriments) peuvent limiter, au moins autant que le fait le manque d'eau, la croissance des animaux et des végétaux. Il peut y avoir une relation inverse entre le total de biomasse sur pied dans un écosystème à un moment donné et la quantité totale d'azote contenue dans cette biomasse. Ainsi qu'il a été défini pour des individus ou des populations végétales le coefficient d'efficacité de l'azote (CEA) combine :

1) le taux instantané de fixation de carbone par unité d'azote et 2) la durée moyenne de présence de l'azote dans la plante. Ainsi,  $CEA = A/Ln$ , où A est la productivité de l'azote et  $1/Ln$  la durée moyenne de présence de l'azote.

Le premier terme de l'équation est essentiel puisqu'une relation linéaire étroite existe entre le taux de croissance relative et la concentration en azote dans les plantes. Le second terme est également important puisque l'azote peut résider plus ou moins longtemps dans un végétal avant d'en sortir suite à la chute des organes. Dans les sites pauvres en nutriments, une longue durée moyenne de présence peut être favorable à la plante, alors que, dans les sites riches en azote, un taux élevé de circulation de l'azote et une circulation rapide sont favorisés. Cependant, il existe des différences nettes, à la fois dans le taux de conversion de l'azote et la durée moyenne de présence, entre les espèces qui coexistent.

Quoi que **VITOUSEK (1982) in ARONSON et al. (2005)** suggère que le coefficient d'efficacité des nutriments est, dans une forêt, inverse de la concentration en nutriments dans la litière, il reste à préciser la façon d'appliquer le concept d'efficacité d'utilisation des nutriments à un écosystème complexe. Il est clair que l'un des facteurs à considérer est la relation qui existe

entre ce coefficient et les types biologiques des végétaux (ARONSON et *al.*, 2005). Par exemple, MULLER et GARNIER (1990) et JOFFRE (1990) ont démontré que certaines graminées pérennes utilisaient plus efficacement l'azote que des graminées annuelles des mêmes genres.

JARRELL et VIRGINIA (1990) suggèrent que l'accumulation de cations dans la zone rhizo-sphérique du sol peut servir dans le calcul à la fois de la quantité d'eau utilisée durant la durée de vie d'un écosystème et de la quantité cumulée de N<sub>2</sub> symbiotique fixée. Ceci laisse à penser que des variables empiriques peuvent être identifiées, qui permettraient d'estimer l'efficacité biotique du sol, étant données les quantités fixées et la diversité de la végétation sur une période de climat à conditions constantes.

16 - L'efficacité des cycles (AVE 18) mesure le ratio du total de l'énergie (ou, plus couramment, d'un élément tel que l'azote ou le carbone), qui est recyclé dans un écosystème par rapport à la quantité totale d'énergie (ou de l'élément) mobilisée par un ou plusieurs éléments de l'écosystème. Cet attribut peut également s'appliquer à l'échelle du paysage.

A l'échelle de l'écosystème, la richesse spécifique et beaucoup d'autres attributs sont corrélés avec l'efficacité des cycles, c'est-à-dire avec le niveau des nutriments actifs, ou disponibles, dans le système à un moment donné. Il a été également démontré que la fertilité du sol influence le coefficient d'efficacité de la pluie dans les savanes.

La comparaison des indices de cyclage des nutriments, spécialement Net P, à différents stades de la trajectoire d'un écosystème, permet de se rendre compte de leur intérêt dans l'évaluation des niveaux relatifs de perturbation, ainsi que lors des essais de restauration et de réhabilitation. Puisqu'il est supposé que plus les écosystèmes sont matures plus leur capacité à piéger et à retenir les nutriments pour des cyclages internes est grande la réussite de l'ajustement des cycles minéraux et la réduction des taux d'échange entre les organismes et l'environnement peuvent permettre d'évaluer le niveau relatif de réussite de la restauration ou de la réhabilitation.

17 - L'abondance relative de la mésofaune détritivore du sol (collembolles, termites, etc.) (AVE 19). Cet attribut est particulièrement intéressant à mesurer (par exemple, nombre moyen d'organismes pour 100 grammes de sol) en tant qu'indice de la diversité biotique du sol. Il s'agit également là d'un indice corrélé à l'efficacité des cycles des différents nutriments.

18 - Les indices d'infectivité potentielle par les rhizobiums et les mycorrhizes (respectivement AVE 20 et 21). L'efficacité des microsymbiontes est également un attribut important ; elle est cependant très délicate à mesurer directement au niveau de l'écosystème. Nous proposons que soient retenus les indices d'infectivité potentielle par les Rhizobiums et les Mycorrhizes exprimés à travers le pourcentage de racines, d'une plante témoin, infectées par gramme de sol, en conditions expérimentales contrôlées.

Les informations globales sur l'abondance et la diversité biotique du sol étant critiquables, il est important d'effectuer des inventaires séparés des bactéries hétérotrophes fixatrices d'azote et des autres micro-organismes tels que les Rhizobiums, les Mycorrhizesendo-, vésiculaires ou arbusculées.

En plus de leur impact sur les plantes "hôtes", les micro-organismes du sol ont un énorme impact sur la végétation de l'ensemble des écosystèmes terrestres y compris dans les zones aride et semi-aride. Les bactéries du sol et plus spécialement les Rhizobiums jouent, par exemple, un rôle critique dans la compétition dans les communautés graminées-légumineuses. Les Mycorhizes peuvent modifier la compétition entre les végétaux aux différents stades d'une succession.

De la même façon, et quoique nous ne fassions que l'évoquer, il est fort probable que les parasites et/ou les agents pathogènes d'espèces animales sont, dans certaines situations, aussi importants à considérer que les microsymbiontes.

Ainsi que nous l'avons déjà suggéré, c'est en définitive la capacité de respecter un certain niveau d'intégrité des paysages qui déterminera les chances de succès des opérations de restauration, de réhabilitation et même de réaffectation. Sans entrer très avant dans l'écologie des paysages, il nous faut cependant aborder les deux notions fondamentales que sont la fragmentation et la réintégration des paysages.

#### **4.10. Fragmentation et réintégration au niveau du paysage**

Il est reconnu que l'action de l'homme s'est exercée sur tous les espaces, même ceux encore considérés comme "naturels". Le climat, la géologie, la circulation locale des eaux, la succession des actions anthropiques, etc., entraînent une répartition différenciée des sols et des écosystèmes (y inclus les agro-écosystèmes), qui présentent de plus entre eux des interactions très fortes. C'est très explicitement ce que Forman et Godron ont retenu dans leur définition d'un paysage, à savoir "un assemblage d'écosystèmes interagissant d'une manière qui détermine des patrons spatiaux qui se répètent et sont reconnaissables". Par exemple, le long d'une topo-séquence, même de très faible pente, les unités en aval sont dépendantes des "unités" situées en amont, du fait de la simple circulation des éléments liquides et solides. Cette relation existe également à d'autres niveaux, et dans tous les sens et vraisemblablement entre toutes les unités situées dans un même paysage (circulation des animaux, des diaspores, etc.). L'intervention de l'homme, surtout si elle s'avère mal localisée ou trop forte, est susceptible de rompre ces relations et les équilibres qui en découlent. Les conséquences de tels mésusages sont évidentes non seulement sur l'écosystème directement utilisé par l'homme, mais également, avec plus ou moins de gravité, sur tous ceux qui lui sont reliés.

La restauration ou la réhabilitation d'un écosystème dégradé peut être rendue délicate si l'on ne tient pas compte de ces relations et de la nécessité de raisonner et parfois d'intervenir plus largement sur les divers éléments du paysage (ou de la topo-séquence). Deux concepts opposés, fragmentation et réintégration, qualifient ce qui est évoqué précédemment ; il importe de les définir.

##### **4.10.1. Fragmentation du paysage**

La fragmentation d'un paysage est marquée par la rupture de certaines relations (ou toutes) de connexité qui participent, en particulier, au maintien de la trajectoire naturelle des divers écosystèmes qui le constituent. Les conséquences de la fragmentation se répercutent à tous les niveaux intra et intercommunautaires.

Il est tout à fait aisé de considérer un paysage comme étant la "matrice" des écosystèmes qu'il contient ; de même qu'un écosystème est la matrice de communautés, populations et organismes. Matrice provient du mot latin matrix signifiant utérus et certains dictionnaires modernes le définissent brièvement comme "un endroit où quelque chose est formé et se développe". Quoique hors de sa stricte signification originelle ce mot peut donc être très utile ici. **PEARCE (1992)** considère qu'une matrice offre, de fait, trois avantages aux organismes ou systèmes vivants qu'elle contient : une source de possibilités, une source d'énergie pour explorer ces possibilités et un endroit sûr où cette exploration peut avoir lieu.

#### **4.10.2. Réintégration dans un paysage**

Lorsque les pratiques humaines sont modifiées dans le sens d'une durabilité écologique et de la conservation de la biodiversité, et lorsque la restauration ou la réhabilitation sont bien appliquées à des écosystèmes plus ou moins dégradés, le résultat est - pour reprendre une phrase de **HOBBS et SAUNDERS (1991)** - un essai de "réintégration de paysages fragmentés".

La réintégration des écosystèmes dans un paysage est donc la série d'opérations qui vise à rétablir les relations et autres caractéristiques permettant aux divers écosystèmes de ce paysage soit de retrouver leur trajectoire naturelle, soit de suivre une autre trajectoire qui leur aura été désignée. Elle favorise, en particulier, l'interactivité des écosystèmes, chacun d'entre eux contribuant dès lors, plus ou moins étroitement, au maintien de la trajectoire (naturelle ou imposée) de tous (ou partie) les autres.

L'usage qui en est fait peut s'opposer, du moins momentanément, à ce que certaines portions d'un paysage puissent être réintégrées (exemple : carrière). Il reste important que ces portions non réintégrables de paysage et l'usage qui en est fait ne constituent pas une obstruction à l'œuvre générale et que donc leur localisation et leur intensité d'exploitation soient raisonnées avec comme objectif de maintenir au meilleur niveau possible les interactions entre écosystèmes voisins. La réintégration implique donc que les usagers des divers écosystèmes (d'un même paysage) s'engagent dans une démarche commune pour une gestion durable des ressources et de l'espace qu'ils gèrent (et qu'ils créent) ensemble.

Accepter cette démarche entraîne la reconnaissance de la nécessaire compatibilité d'usage (localisation et niveau de pression) qui doit exister pour les divers écosystèmes si l'on souhaite qu'ils se développent tous (ou partie) sur leur trajectoire naturelle ou réajustée. Il importe également de mieux partager l'espace dans les zones de forte densité (ville, etc.) ou de forte pression humaine (agriculture intensive), afin de garantir un bon niveau.

#### **4.10.3. Réintégration ultérieure dans le paysage**

La réintégration dans un paysage passe nécessairement par une mise en œuvre harmonieuse des possibilités offertes par la restauration, la réhabilitation et la réaffectation. Par la suite, la réintégration des écosystèmes dans le paysage étant acquise, il convient de bien gérer cet espace et, dans ce but de faire éventuellement appel à la voie du rajeunissement.

## **5. L'écologie de la restauration appliquée à la forêt**

Les recherches en écologie ont fait progresser la connaissance sur le fonctionnement des écosystèmes forestiers et sur l'impact des activités humaines. L'homme mesure ainsi mieux l'importance des modifications qu'il apporte à son environnement. Non seulement il peut améliorer en conséquence ses pratiques, mais il prend également conscience de la nécessité et, dans une certaine mesure, de sa capacité à réparer les milieux dégradés. Dans les pays développés, cette dernière démarche tend à se structurer, actuellement, sous la forme d'une discipline de l'écologie, tant fondamentale qu'appliquée : l'écologie de la restauration forestière.

### **5.1. Fondements de l'écologie de la restauration appliquée au milieu forestier**

Quatre idées principales soutiennent la démarche de l'écologie de la restauration (ARESON *et al.*, 1993 ; 1995) :

- ✓ Avant de restaurer, il est nécessaire d'obtenir la disparition du facteur de dégradation des milieux. Le diagnostic des causes profondes des dégradations et la prise de conscience de leur importance ne sont pas toujours évidents, ni unanimement partagés (exemples : relations pollutions/dépérissement des forêts dans les années 80 dans la vallée de la Maurienne, relations forêt/érosion au XIXe siècle dans les Alpes du Sud).
- ✓ Une fois dégradé, l'écosystème est bien souvent lent ou incapable de se reconstruire ; sa résilience est faible ou nulle, un seuil d'irréversibilité écologique a pu être franchi.
- ✓ L'homme possède en partie la capacité de réparer les écosystèmes. Le traitement des écosystèmes dégradés, leur réhabilitation, peut débuter par des opérations d'ingénierie écologique.

C'est le domaine sans doute le plus délicat et pour lequel la majorité des chercheurs et ingénieurs de la restauration travaille aujourd'hui.

- ✓ La restauration d'un système écologique viable, complexe et diversifié par définition, est un processus écologique demandant du temps. À partir d'un espace dégradé, la restauration n'est que très rarement possible sans une longue phase d'accompagnement. L'écosystème réhabilité va, au fil du temps et à l'épreuve de la nature, se réorganiser, rétablir ses équilibres écologiques (reconstitution du sol, compétition entre espèces). Ainsi, dans le domaine forestier, si l'arrêt des dégradations et la réparation des compartiments vitaux de l'écosystème forestier sont possibles par reboisement à l'échelle d'une trentaine d'années, on n'obtiendra pas la complexité d'une forêt avant plusieurs générations d'arbres et... de forestiers.

## **5.2. Quelques moyens d'action pour réussir la restauration forestière**

### **5.2.1. Stratégie de restauration**

L'écologie de la restauration, c'est avant tout bien sûr un canevas de réflexion et d'action (WYANT *et al.*, 1995) ayant pour objectif la restauration des écosystèmes. Mais c'est également des moyens particuliers, une approche fondée sur les connaissances de l'écosystème, et que nous illustrons par quelques éléments importants en forêt, écosystème complexe s'il en est. Au-delà de l'état boisé, le restaurateur doit s'attacher à recréer le sol et les autres compartiments fonctionnels de l'écosystème (LENZ *et HABER*, 1992). Pour cela, il utilise à son profit les notions d'écosystème, de station, de dynamique.

Les variations micro-stationnelles sont d'autant plus fortes que les milieux dégradés sont très contrastés. La restauration tente de s'adapter au mieux à ces variations, soit en traitant de façon différente deux types de stations bien individualisés, soit en restaurant seulement les types de station les plus favorables et en les utilisant comme point d'appui pour la restauration, par dynamique naturelle, du reste du secteur. Ainsi, comprendre et utiliser au profit de la restauration la dynamique naturelle, à l'échelle de l'écosystème ou du paysage (éco-complexe), est tout aussi fondamental. Cela s'avère à la fois un plus écologique et économique (investissement minimal). De nombreux exemples de restauration existent en matière forestière ; nous citons ci-après quelques-uns des éléments fréquemment étudiés, le sol, le microclimat forestier et la diversité biologique, soit que ces compartiments interviennent de façon prioritaire, soit qu'ils puissent servir d'indicateur de l'avancement de la restauration.

### **5.2.2. Amélioration des sols**

La restauration des sols est une entreprise délicate qui nécessite du temps, des siècles. Le non destruction du sol forestier lors d'une opération d'aménagement devrait donc être une priorité. Le déplacement du sol forestier, et donc de sa banque de semences, lors de la construction du terminal anglais du tunnel sous la Manche (HELLIWELL *et al.*, 1996) est à ce titre exemplaire car il anticipe la restauration.

Toutefois, bien des projets de restauration forestière sont confrontés à des sols déjà dégradés, par érosion notamment. La stabilisation du sol par le génie rural et biologique engage des processus pédologiques conduisant à la fragmentation du substrat et l'accumulation de matières minérales et organiques dans les horizons superficiels. Des travaux forestiers de préparation du sol (sous-solage, remodelage, drainage) peuvent participer à améliorer les caractéristiques du sol.

La contrainte édaphique s'exprimera également de façon différente selon le type et l'intensité de l'activité biologique se mettant progressivement en place. Ainsi, l'étude biologique et fonctionnelle des sols réhabilités permet d'évaluer l'état d'avancement du processus de restauration.

Ponctuellement, elle peut amener à des actions complémentaires de bio-stimulation des sols (**BRUN et al., 1987**). Sur le plan chimique, une fertilisation peut être utilisée au début de la restauration (à la plantation par exemple). Cependant, l'écosystème restauré doit être à terme écologiquement fonctionnel.

Aussi, aura-t-on plus fréquemment recours aux espèces améliorantes (**HIGASHII et al., 1994**) et aux plants forestiers mycorhizés (**ROLDEN et ALBALADEJOI, 1994**).

### **5.2.3. Recréation d'un massif forestier pionnier**

Pour la réussite des plantations dans les espaces dégradés, il convient d'expérimenter les techniques de reboisement pour les adapter à chaque cas (**RAY et BROWN, 1995**). De plus, à moyen terme, il est nécessaire de restaurer un microclimat forestier (ombrage) susceptible d'accueillir le cortège floristique de l'écosystème objectif de la restauration. Par conséquent, lors de la phase de réhabilitation, on est amené à choisir les essences rustiques à comportement pionnier les mieux adaptées pour assurer la transition (**AUSTAD et SKOGEN, 1990 ; FISHER, 1995 ; GUARIGUATA et al., 1995 ; MC CHESNEY et al., 1995**).

### **5.2.4. Restauration de la diversité biologique**

La restauration de la diversité de l'écosystème, végétale et animale, est à la fois un objectif, parfois unique (habitat d'espèces rares), et un atout pour la réussite du programme (adaptation aux conditions écologiques et facilitation de la phase d'accompagnement).

Dans le domaine végétal, celle-ci peut parfois se redéployer naturellement de façon rapide. Pour définir une opération de restauration, une évaluation des trois domaines clés conditionnant la distribution des espèces s'impose (**VALLAURI et CHAUVIN, 1997**) :

— l'autécologie des espèces, soit disponibles pour la réhabilitation, soit susceptibles d'apparaître dans l'écosystème réhabilité au fil des modifications du milieu (**STURGESS et ATKINSON, 1993**) ;

— les conséquences des perturbations sur la banque de semences du sol et sa reconstitution dans le temps (**TRABAUD, 1994 ; VAN DER VALK, 1988**) ;

— les flux de graines entrant dans l'espace à restaurer par dissémination à partir des semenciers (**ROBINSON et HANDEL, 1993**).

En fine, le restaurateur peut intervenir dès la phase de réhabilitation pour réintroduire ou accélérer la dynamique de certaines espèces, de façon diffuse ou sous la forme de place aux à biodiversité maximale. Une intervention est également souvent souhaitable au cours de l'accompagnement de l'écosystème réhabilité (enrichissement en espèces).

## **6. Comment évaluer la réussite d'une restauration**

Dans tout projet de restauration, il est important de définir des objectifs clairs et précis. Ces objectifs peuvent être définis à différentes échelles écologiques : populations, communautés, processus écologiques et services de l'écosystème. Le suivi de restaurations est

essentiel dans l'évaluation du succès dans l'atteinte des objectifs. Malheureusement un suivi insatisfaisant des projets de restauration est assez récurrent (**LAKE, 2001**).

Avant de quantifier la réussite d'une restauration écologique, il convient de préciser ce qu'est une restauration considérée comme réussie. Selon l'International Primer on Ecological Restoration (**SER, 2004**), un écosystème s'est régénéré (restauré), lorsqu'il possède les sept attributs suivants :

- L'écosystème restauré contient un ensemble caractéristique d'espèces de l'écosystème de référence qui procure une structure communautaire appropriée
- L'écosystème restauré est constitué pour la plupart d'espèces indigènes
- Tous les groupes fonctionnels nécessaires à l'évolution continue et/ou à la stabilité de l'écosystème restauré sont représentés ou, s'ils ne le sont pas, les groupes manquants ont la capacité à le coloniser naturellement
- L'environnement physique de l'écosystème restauré est capable de maintenir des populations reproductrices d'espèces nécessaires à sa stabilité ou à son évolution continue le long de la trajectoire désirée
- L'écosystème restauré fonctionne en apparence normalement lors de sa phase écologique de développement et les signes de dysfonctionnement sont absents
- L'écosystème restauré est intégré comme il convient dans une matrice écologique plus large ou un paysage, avec qui il interagit par des flux et des échanges biotiques et abiotiques
- Les menaces potentielles du paysage alentour sur la santé et l'intégrité de l'écosystème restauré ont été éliminées ou réduites autant que possible.

## 7. Définition du système de référence

L'évaluation de l'atteinte de résultats escomptés requiert une mise en place d'un système de référence. Cette étape consiste à définir l'état souhaitable choisi parmi plusieurs états alternatifs, possibles et accessibles (**Le FLOC'H et ARONSON et al., 1995**). Le choix d'un système de référence est fonction de l'état des ressources de l'écosystème et des usages qu'on aimerait adopter (**DONADIEAU, 2002**). Il doit tenir compte des avantages que l'on espère rétablir, écologiques, touristiques ou socio-économiques. Cette étape permet de choisir le type d'intervention (active ou passive) compte tenu des objectifs que l'on s'est fixés.

D'après **ARONSON (2002)**, cet état de référence doit être identifié afin de caractériser la cible (écosystème originel ou choisi) par sa composition, sa structure et son fonctionnement, par rapport à l'existant, déterminer les facteurs de la dégradation ou transformation, définir ce qui doit être fait pour restaurer, réhabiliter ou rajeunir l'écosystème et choisir les critères ou indicateurs à mesurer pour évaluer le succès des traitements ou expérimentations entreprises.

Cet état de référence est alors idéalement l'état dans lequel se trouvait l'habitat avant qu'il soit modifié directement (destruction et prélèvements) ou indirectement (invasions biologiques) par l'homme. Cet état idéal est souvent difficile voire impossible à atteindre si l'écosystème a subi des dommages irréversibles comme l'extinction de certaines espèces et la modification profonde du sol (**BOUZILLE, 2007**). De plus, l'état originel dans lequel se trouvait l'écosystème est généralement très difficile à déterminer par manque de données historiques

fiables et quantitatives sur leur composition, leur structure et leur dynamique. Cependant, dans certains cas, l'état idéal peut être défini grâce à la proximité d'écosystèmes similaires pas ou très peu modifiés par l'homme

A titre indicatif, **BANGIRINAMA (2010)** a choisi comme référence dans son étude les écosystèmes reflétant la structure, la composition et le fonctionnement du noyau des aires protégées prospectées, lequel est resté relativement intact au cours du temps. Ces écosystèmes pourraient donc constituer l'état final de ce qui devrait être le résultat de l'action restauratrice.

## **8. Des significations écologique, culturelle et socio- économique**

### **8.1. Signification écologique**

D'un point de vue écologique, il s'agit d'une activité intentionnelle qui initie ou accélère le rétablissement d'un écosystème tout en respectant, le mieux possible, la composition spécifique, la structure communautaire, les fonctions écologiques, la capacité de l'environnement physique à supporter son biote et la connectivité avec le paysage alentour.

La restauration vise à la fois les aspects chimiques et physiques de l'habitat et les espèces elles-mêmes et leurs habitats ; chacun de ces volets peut exiger des mesures particulières, mais il faut autant que possible se fier aux mécanismes naturels de restauration. Si l'élimination des sources de dégradation et les mécanismes naturels suffisent, on parlera de récupération : il s'agit alors de processus passifs sans intervention humaine (**CLEWELL et ARONSON, 2010**).

### **8.2. Signification personnelle et culturelle**

D'un point de vue des valeurs personnelle et culturelle, la restauration écologique renouvelle notre relation avec la nature dans le domaine de l'esthétique, de l'épanouissement et de l'expérience partagée.

La restauration écologique permet de ramener un écosystème à un stade antérieur pour peu que ce stade soit connu et atteint ensuite grâce aux pratiques de la restauration. Les écosystèmes qui n'ont subi que de faibles dégradations ou perturbations peuvent parfois être rapidement ramenés à leur stade initial, en seulement quelques années. Pour de nombreux autres écosystèmes, la restauration complète peut prendre des décennies, voire des siècles (**CLEWELL et ARONSON 2010**).

### **8.3. Signification socioéconomique**

D'un point de vue socioéconomique, la restauration écologique rétablit des flux de biens et de services naturels à incidence économique que les écosystèmes fonctionnels fournissent à la société (**CLEWELL et ARONSON, 2010**).

## 9. Méthodes d'observation de la dynamique

L'évolution de la végétation est généralement très lente et les cas d'observation directe sont rares ; le plus souvent la dynamique de la végétation se déduit indirectement d'une comparaison minutieuse entre les groupements végétaux et de la recherche des intermédiaires entre les différents stades d'une série (**OZANDA, 1982**). Plusieurs méthodes sont utilisées Pour l'observation de la dynamique de la végétation :

**a. Méthode diachronique :** Ceux-ci ne sont utilisables que lorsque la succession est rapide (strates herbacées) relativement à l'échelle de la vie humaine, comme lors de l'assèchement de marais après drainage ou de la fixation des dunes.

L'observation directe se fera par la méthode des carrés ou transects permanents (**OZANDA, 1982**), ou par comparaison des cartes ou des photographies prises à intervalles réguliers.

**b. Méthode synchronique :** L'étude des documents anciens, comme les cartes, plans cadastraux, photographies aériennes et satellitaire, donnent des renseignements précieux.

**c. Analyse de la végétation actuelle :** Généralement c'est l'étude comparée des groupements vivants côte à côte qui permet de reconnaître le dynamisme de la végétation. On peut rechercher s'ils sont liés par des états intermédiaires et, grâce à l'examen du degré de développement ou de la vitalité de certaines espèces, il est possible de déterminer si celles-ci constituent les restes du groupement précédent ou, au contraire, l'amorce de l'évolution vers le stade suivant.

**Chapitre II**  
**Matériels et méthodes**  
**(Dispositif expérimental)**

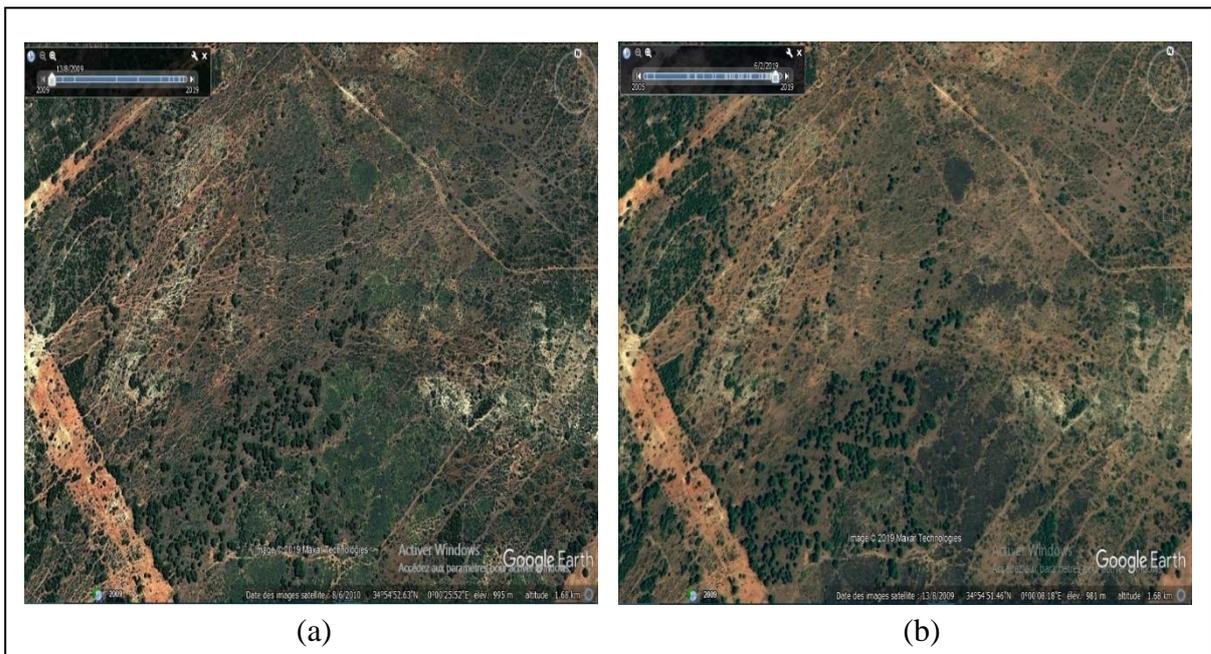
## II- Matériels et méthodes

### 1. Dispositif expérimental

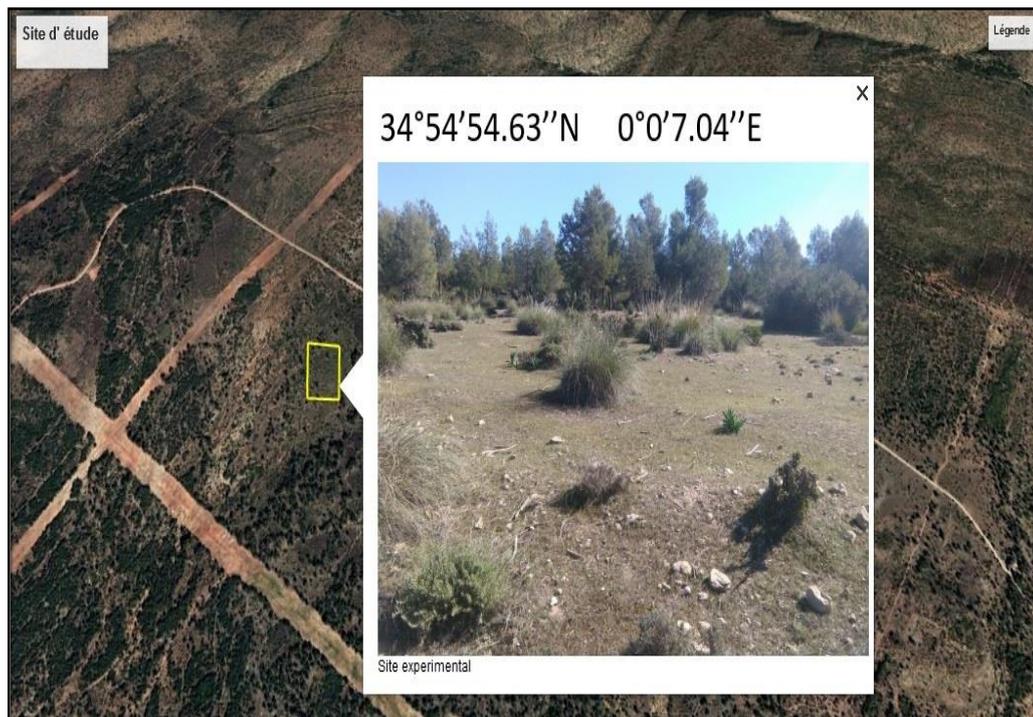
Sur la base des résultats obtenus dans la première partie de ce document, qui a concerné le diagnostic phytoécologique de la forêt de Doui Thabet, cette deuxième partie portera sur le test de certaines techniques de restauration écologique pour la régénération des principales espèces de cette forêt. Divers traitements seront réalisés pour tester la possibilité de régénération des principales espèces durant 3 campagnes (2018, 2019 et 2020).

#### 1.1. Présentation du site expérimentale

Le site expérimental est localisé au environ de l'intersection du parallèle  $34^{\circ}54'54.63''$ N de latitude Nord et le méridien  $0^{\circ}0'70.4''$ E de longitude Est, sa superficie est d'un hectare. Il est situé à 30 Km de la ville de Saida et à 02 Km de l'agglomération d'Ain Baida au lieu-dit Ras Ma. Il caractérisé par un relief plus ou moins plat à exposition Nord avec un terrain à faible pente (2 %) et une altitude de 1150 m (figure 31 et 32).



**Figure 31.** Périmètre d'étude entre : (a) : 13/08/2009 ; (b) : 06/08/2019 (Google Earth pro, 2019).



**Figure 32.** Localisation du site expérimental dans la forêt de Doui Thabet.

## **1.2. Choix du site d'expérimentation**

Le choix de ce site est guidé par la présence des trois essences retenues, pour l'expérimentation, qui sont regroupées dans le même endroit. Leur présence ensemble dans une même station écologique, facilitera la comparaison de leur diagnostic phytoécologique et leur croissance.

Il faut noter que le site expérimental n'est pas sous les peuplements végétaux pour assurer les conditions contrôlées (il n'y a pas de régénération naturelle par graines de sorte que les résultats obtenus ne concernent que les techniques de restauration écologique).

Nous avons choisi les trois essences pour les raisons suivantes :

### **1.2.1. Dominance**

D'après la table attributaire de la carte occupation du sol de la forêt de Doui Thabet (2020) que nous avons élaboré, ces trois espèces totalisent à elles seules 4000 ha, soit 71 % de la superficie totale de la forêt. Le reste des espèces contribuent avec 29 % (soit 1636 ha) de la superficie globale. Elles sont des essences forestières majeures (espèces pionnières) et indigènes dans la zone d'étude comme toute la région Méditerranéenne.

Globalement les taxons retenus sont considérés comme des espèces Espèces clef de voûte de la structure physionomique du site retenu dans cete investigation. Il s'agit d'espèces dont la présence, à une densité suffisante, est nécessaire au maintien de la structure et du fonctionnement de l'écosystème. Le concept, qui a d'abord été utilisé dans les travaux

concernant la biologie de la conservation, semble également adapté à l'écologie de la restauration et de la réhabilitation. Ainsi la tentative de réorienter la trajectoire d'un écosystème dégradé peut-être facilitée par la réintroduction soigneuse, ou l'accroissement de la densité, des espèces clef de voûte et quand cela s'avère nécessaire par l'éradication des espèces "exotiques" introduites volontairement ou par inadvertance.

D'après le diagnostic phytoécologique de de la forêt de Doui Thabet (partie I), le taux du recouvrement, la dominance et la superficie de chaque essence sont comme suit :

1-Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) : espèce dominante (CAD = IV) dans la zone d'étude avec une superficie de 3000 ha soit 53.27 % de la superficie totale de la forêt. Donc c'est une essence caractéristique de point du vue phytosociologiques.

2-Le Thuya de berberie (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) : espèce co-dominante (CAD = III) dans la zone d'étude avec une superficie de 150 ha soit 2.66 % de la superficie totale de la forêt.

3-Le Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus* L.) : espèce co-dominante (CAD = II) dans la zone d'étude avec une superficie de 50 ha soit 0.88 % de la superficie totale de la forêt.

### **1.2.2. Problèmes de régénération de ces espèces**

D'après le diagnostic phytoécologique (partie I), dans cet écosystème la dilatation naturelle de ces 3 espèces s'opère selon deux façons :

- 1-une dynamique post-incendie ou après certains risques ;
- 2-une dynamique de colonisation spontanée, hors incendie ou autres risques.

La première façon se traduit par des boucles d'auto-succession liées à la capacité du *Tetraclinis articulata* se régénérer facilement et rapidement après un incendie ou défrichage uniquement par voie asexuée (rejets de souches) et alors que pour le *Pinus halepensis* et le *Juniperus oxycedrus* se régénèrent difficilement et lentement par voie sexuée, surtout pour le premier dans ces conditions.

En l'absence d'incendie et d'autres risques, le *Pinus halepensis* se régénère, mais sa régénération est facile et rapide, surtout dans les terrains crochetés indirectement (action non volontaire). C'est le cas par exemple des tranchés pare-feux, ou d'ouverture des pistes forestières et le désherbage physique des herbes (D.F.C.I) ce que nous donne une idée sur la nécessité des travaux du sol. Pour les autres (*Tetraclinis articulata* et *Juniperus oxycedrus*) leur régénération est pratiquement difficile par voie sexuée. La régénération par voie sexuée du *Juniperus oxycedrus*, est difficile, compte tenu que les téguments des graines ont une structure dure pour la première et assez dure pour la deuxième. Ceci est dû à un péricarpe solide qui inhibe la germination.

### **1.2.3. Intérêt éco-floristique**

D'un autre côté le Thuya de berberie (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) et le Genévrier oxycedre (*Juniperus oxycedrus* L.) sont deux essences protégées (espèces menacées) par le décret 12/03 de la République Algérienne, leur protection et restauration est une préoccupation nationale.

### **1.3. Description des techniques de restauration**

Le choix des techniques de restauration est fonction des difficultés de régénération de chaque espèce. Dans notre cas deux types techniques sont retenues :

#### **1.3.1. Travaux du sol**

La préparation du sol peut être réalisée par différentes techniques, cependant il existe de nombreuses différences entre celles-ci. Ainsi, les deux principaux types de travail du sol sont le labour et le crochetage :

##### *Crochetage*

Le crochetage a consisté à travailler le sol sur les 10 premiers cm, c'est à dire que c'est un travail mécanique en dessous de la zone de semis mais sur une profondeur limitée selon les conditions du milieu (entre 5 et 10 cm) (LE TACON et MALPHETTES, 1973 ; 1974).

##### *Labour*

Selon LE TACON et MALPHETTES (1973), le labour, aussi régulier que possible, doit être suffisamment profond (20 à 30 cm), adapté à la structure du sol et aux types de plants à installer. Dans les sols argileux, il est impératif de travailler un sol ressuyé de façon à minimiser l'émergence d'une semelle de labour, ultérieurement difficilement prospectable par les racines des arbres. Le travail du sol doit être exécuté suffisamment tôt pour que le terrain soit rassis et qu'il n'y ait plus de mottes au moment de la plantation sans que le délai avant cette dernière permette la repousse de la végétation concurrente. En zone méditerranéenne, le travail du sol doit être réalisé avant les pluies d'automne, afin de se prémunir de tout risque d'érosion.

#### **1.3.2. Travaux de végétation**

##### *Semis*

Pour faciliter notre travail, nous avons fait un pré-trempe des graines choisies, le pré-trempe a été effectué dans l'eau distillée à une température ambiante de 20 C° en moyenne pendant 48 h.

Nous avons jugé que cette durée est nécessaire pour booster la germination des graines, il faut noter que l'opération de pré-trempe nous permet de choisir les graines viables et non attaquées par des parasites. Passé cette durée les graines sont mises en terre (semées).

### Choix des graines

Dans le souci d'avoir des graines viables, nous avons choisi des graines morphologiquement et physiologiquement. Une fois cette étape franchie, nous avons testé les graines par le test de flottaison dans l'eau de robinet. Ne sont pas retenues les graines qui flottent, celles-ci ne sont pas soit mûres (morphologiquement et/ou physiologiquement), soit attaquées par des parasites. Ces graines là sont écartées de nos expérimentations (tableau 32) :

**Tableau 32.** Techniques de prélèvement des échantillons.

Essence pionnières	Prélèvement des échantillons (récolte)	
	Provenance	Technique de Prélèvement
<i>Pinus halepensis</i>	Forêt domaniale de Doui Thabet	Récolte directe des cônes sur 10 arbres différents (sains et mûres) puis exposition au soleil pour libérer les graines.
<i>Juniperus oxycedrus</i>		Récolte directe des graines sur 10 arbres différents (sains et mûres).
<i>Tetraclinis articulata</i>		Récolte directe des cônes sur 10 arbres différents (sains et mûres) puis l'exposition au soleil pour libérer les graines.

### Réalisation du semis

Les essais de semis, ont été effectués au niveau des surfaces d'essai, en respectant la profondeur soit 20 cm pour le labour et 5 à 10 cm pour crochetage. Le nombre de graines utilisés dans chaque surface unitaire est de 100 graines.

Le semis a été réalisé durant la saison du printemps de l'année 2018 .

### Broyage de la végétation

Broyage mécanique de la végétation (débris de végétation) en place par un broyeur à marteaux fixes. Cette technique se considère comme un amendement des sols par la matière organique et aussi comme un paillage. **BOURAHLA et GUITTONNEAU (1978)** soulignent que le paillage limite les excès de température et augmente les réserves hydriques du sol en créant un microclimat favorable à la germination et à la croissance des plantes. **HELLAL (1991)** confirme que la pratique du paillage ne peut donc être que bénéfique pour la reconstitution des sols, la remontée biologique de la végétation, le repeuplement des zones dénudées.

### Brûlage dirigé

Cette technique doit rester exceptionnelle et conforme à l'arrêté fixant les conditions d'usage du feu en forêt par la conservation des forêts. Il y aura donc intérêt à prescrire une récupération des rémanents pour la filière énergie par exemple. Le brûlage dirigé a en revanche favorisé le développement de la végétation compétitrice au sol (**PREVOSTO et al., 2011**).

Dans ce travail, nous avons détruit par le feu des herbes, broussailles, litières, rémanents de coupe, branchages, bois mort dans les parcelles expérimentales pour tester l'impact de cette technique (Brûlage dirigé).

#### **1.4. Principe de travail**

Divers traitements (techniques) du sol et de la végétation (pour les 3 essence pionnières) ont donc été testés durant la période de 2018, 2019 et 2020. Quatre modalités de traitement du sol et de végétation ont été appliquées : le broyage mécanique de la végétation, le crochetage permettant un travail du sol sur environ 5 à 10 cm, labours profond à 20 cm, le brûlage dirigé et semis naturels (témoin). Les traitements ont été appliqués sur des surfaces de  $1 \times 3 \text{ m}^2$  (100 graines/ $1 \text{ m}^2$ ) (figure 33).

Le comptage du taux de survie et de reprise des plants (densité), les mesures de croissance s'effectue chaque mois.



**Figure 33.** a,b,c : Tracage des placettes ; d : Semis ; e : Arrosage en Eté ; f : Véhicule d'arrosage ; g: Scarification mécanique des graines de *Juniperus oxycedrus* L ; h : Clôture (1 ha) ; i : Broyage ; j : Mesures ; k : Crochetage ; l : Labour profond.

**Levé de dormance**

Pour *Juniperus oxycedrus* nous avons éliminé l'état de dormance tégumentaire (levé de dormance) après les tests pré-germinatifs par différents types de traitements pour choisir le test le plus efficace ce que nous choisissons pour le processus de semis de graines (mise en terre). (tableau 33 ; figures 34-38). Le protocole expérimental de traitements pré-germinatifs en parallèle comme le suivant (G.E.N.M.E.D.O.C, 2006) :

**Etapes 1 : Au niveau du laboratoire**

**Tableau 33.** Protocole des traitements pré-germinatifs des graines (G.E.N.M.E.D.O.C, 2006).

Essence	Prétraitements germinatifs
	Description
<i>Juniperus oxycedrus</i>	<p><b>1- Séparer les graines en neuf lots de 20 graines (6 répétitions) :</b>                      a- 20 graines pour la germination naturelle (témoin sans aucun prétraitement) ;                      b- 60 graines réparties en trois (Chaque 20 graines dans un lot selon la durée = 10mn, 30mn et 60mn ) pour le traitement chimique à l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) concentré (95%) ;                      c- 20 graines pour la scarification mécanique à l' aide d' un sécateur ;                      d- 60 graines pour le traitement à l'eau chaude (100 C°) (Chaque 20 graines dans un lot selon la durée = 30s, 60s et 2mn ) ;                      e- 20 graines pour le traitement à froid à 5°C (30 jours).</p> <p><b>2- La désinfection :</b>                      Désinfecter les graines dans l'eau de Javel pendant 10 min et les rincées bien 03 à 04 fois à l'eau distillée.</p> <p><b>3-Le traitement :</b>                      Immersion de 20 graines dans l'acide sulfurique concentré (95%) pendant 10mn, 30mn et 60mn ; scarification mécanique de 20 graines à l' aide d' un sécateur ; trempage de 20 graines dans l'eau chaude (à 100 C°) pendant 30s, 60s et 2mn ; le traitement à froid à 5°C (30 jours) de 20 graines, et une germination naturelle de 20 graines (figures 44-53).</p>



**Figure 34.** a : Graines du *Juniperus oxycedrus*; b : Graines du *Pinus halepensis* ; c : Graines du *Tetraclinis articulata* .

## **Etapes 2 : Sur terrain**

### ***Le semis***

Le semis a été effectué dans des sachets en polyéthylène qui contenaient du sol de la forêt domaniale de Doui Thabet puis nous les avons transportés vers la zone d'étude. L'arrosage se fait tous les deux jours dans la période où la précipitation est absente.

### ***Le comptage***

Se fait par le comptage du nombre de graines germées dans chaque sachet en polyéthylène tous les jours pendant 1 mois

### ***Les observations***

Après la première semaine, nous avons effectué quotidiennement un comptage des plantules ayant levé.

**Résultats de l'essai de germination**

Ensuite, un autre tableau (n°35) restitue les résultats de l'essai. Les données apportées pour notre protocole sont les suivants (G.E.N.M.E.D.O.C, 2006):

- 1- % de semences germées sur le total de semences testées (on considère une semence germée quand l'émergence de la radicule est visible) ;
- 2- Temps passé jusqu'à la première germination T1 (en jours) ;
- 3- T50 (en jours) outemps nécessaire pour obtenir 50 % de la capacité germinative (la moitié du total de semences germées à la fin de l'essai), Le T50, qui donne une information sur la vitesse de germination.

**La comparaison**

Comparer les résultats des différents traitements pré-germinatifs sur la base de traitement statistique à l'aide du logiciel Statistica version 12.0 (Le model linéaire générale est utilisé dans l'analyse).



**Figure 35.** Traitement avec l'acide sulfurique.  
(Graines de *Juniperus oxycedrus* L.)



**Figure 36.** Traitement avec froid  
(Graines de *Juniperus oxycedrus* L.)



**Figure 37.** Graines non traitées (témoin)  
(*Juniperus oxycedrus* L.)



**Figure 38.** Traitement mécanique  
(Graines de *Juniperus oxycedrus* L.)

### **1.5. Analyse statistique des données**

L'analyse statistique effectuée avec la loi de Fischer (**MOOD et al., 1974**) à l'aide du logiciel statistica 12 ; en calculant le cumul de chaque mois de la densité, la croissance des plantules et aussi pour les prétraitements germinatifs de graines de *Juniperus oxycedrus* L. Le résultat obtenu est comparé avec la valeur seuil donné dans ces tableaux en fonction du nombre de degré de liberté.

Si  $p > 0.05$  : seuil différence non significative entre les moyennes.

Si  $p \leq 0.05$  : seuil différence significative entre les moyennes.

P : plus-value.

La comparaison entre les traitements de restauration pour obtenir les meilleurs traitements se fait par la comparaison durant la période maximale de végétation (mars-juin) ou l'activité biologique de ces 3 essences est optimale (maximale). Dans ce cas nous avons choisi : Mai 2018, Mai 2019 et Mars 2020.

# **Chapitre III**

## **Résultats et Discussion**

### III. Résultats et discussion

#### 1. Résultats des prétraitements germinatifs

##### 1.1. Germination des graines du Genévrier oxycède

L'analyse statistique de la germination des graines du *Juniperus oxycedrus*, sous l'effet des différents traitements pré-germinatifs a été très significative à partir du 18<sup>ème</sup> jours (tableau 34). Trois traitements sur cinq (5) (par acide sulfurique pendant 60mn, par froid (5c°) et mécanique) ont une influence sur la germination des graines de cette espèce. Le traitement mécanique s'est révélé le traitement présentant le taux de germination le plus important (92 %).

Le traitement par froid et par l'acide sulfurique pendant 60mn présentent un taux de germination assez important (86 % et 82 % respectivement), alors que le témoin, Eau bouillante et acide sulfurique pendant 10mn et 20mn n'ont pas d'effets sur la germination (0 %) (figure 39).

Il est important de considérer que les résultats présentés dans cette étude doivent toujours être interprétés comme valables pour le lot testé et non pour l'espèce en général.

**Tableau 34.** Résultats du traitement statistique de la germination du *Juniperus oxycedrus*.

DDL	SC	MC	F	Valeur de 'P' et signification
5	5002457	833743	245.186	0.0000***

SC : Somme des carrés, DDL : degré de liberté, MC : Moyenne des carrés, Fobs : F. observé, P : plus-value, \*= signification.

Tableau 35 et figure 39 restituent les résultats de l'essai pour le *Juniperus oxycedrus* (Cinétique de la germination en fonction du temps des graines de *Juniperus oxycedrus* L sous l'effet de différents prétraitements) :

**Tableau 35.** Taux de germination des graines du *Juniperus oxycedrus* en fonction du prétraitement appliqué aux graines.

Traitements	Durée	Taux de germination	T1	T50
Témoin	/	0 %	/	/
Scarification mécanique	/	92 %	17 jours	19 <sup>ème</sup> jours
Acide sulfurique (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	10mn	0 %	/	/
	30mn	0 %	/	/
	1 h	82 %	20 jours	23 <sup>ème</sup> jours
Eau bouillante	30 s	0 %	/	/
	60 s	0 %	/	/
	2mn	0 %	/	/
Stratification à froid	30 jours	86 %	17 jours	22 <sup>ème</sup> jours

T1 : temps passé jusqu'à la première germination (en jours) ; T50 : temps nécessaire pour obtenir 50% de la capacité germinative (en jours).

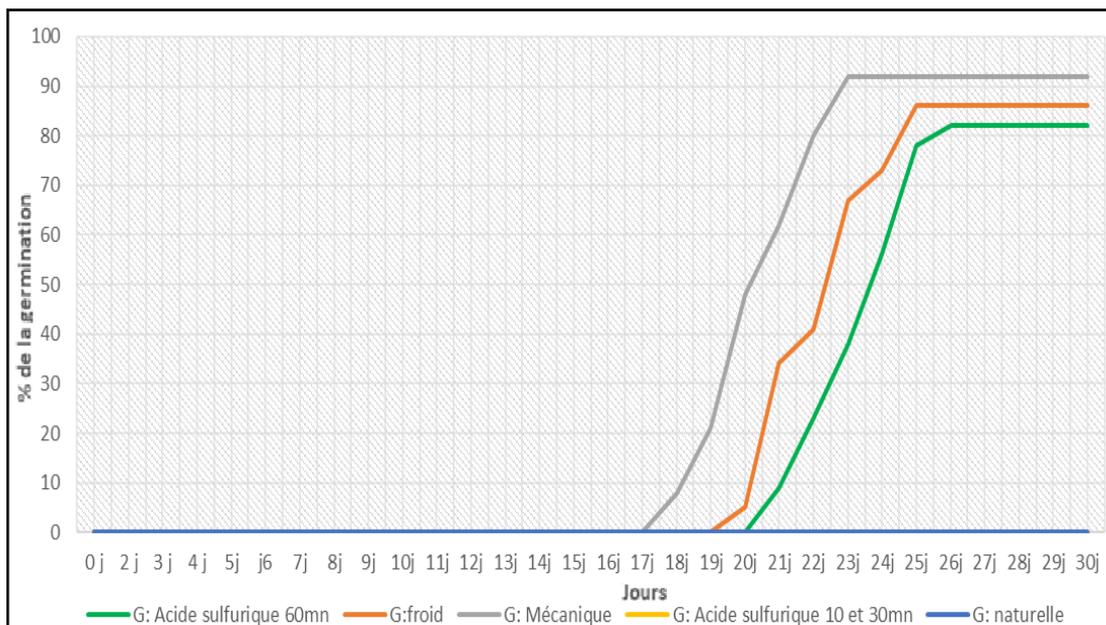


Figure 39. Cinétique de la germination en fonction du temps des graines du *Juniperus oxycedrus* sous l'effet de différents traitements.

## 2. Analyse et interprétation des résultats de la restauration

### 2.1. Pin d'Alep

#### 2.1.1. Croissance des plantules du Pin d'Alep

L'analyse statistique de la croissance des plants du *Pinus halepensis*, sous l'effet des différents traitements a été très significative (tableau 36). Les différents traitements ont une influence sur la croissance de cette espèce. Les crochets se sont révélés le traitement présentant la hauteur la plus importante.

Le labour profond et le brûlage présentent une hauteur moyenne, tout comme le broyage, alors que le semis naturels (Témoin) présente une faible hauteur. Cette différence entre les différents traitements semble augmentée d'une année à l'autre. Le maximum de croissance est enregistré pendant la période de l'activité biologique maximale de la végétation durant la période de mars à juin de chaque année (figure 40).

Tableau 36. Résultats du traitement statistique de la croissance du *Pinus halepensis* à la fin de chaque période de croissance.

Date de mesure	DDL	SC	MC	F	Valeur de p et signification
Mai 2018	5	1.131333	0.282833	45.133	0.000000***
Mai 2019	5	1.131333	0.282833	45.133	0.000000***
Mars 2020	5	0.476667	0.119167	35.0490	0.000000***

SC : Somme des carrés, DDL : degré de liberté, MC : Moyenne des carrés, Fobs : F. observé, P : plus-value, \* = signification

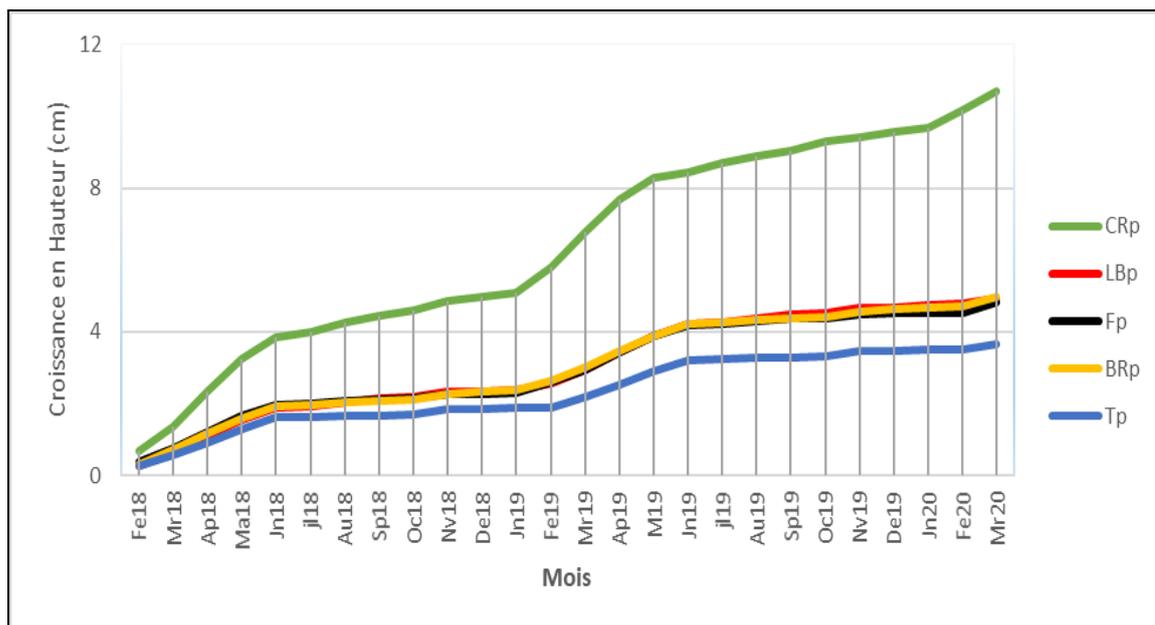


Figure 40. Effet des traitements de sol sur la croissance cumulée des plants du *Pinus halepensis* (A.N.O.V.A).

CRp : Crochetage *Pinus halepensis* ; LBp : Labour profond *Pinus halepensis* ; Fp : Brûlage dirigé *Pinus halepensis* ; BRp : Broyage *Pinus halepensis* ; Tp : Témoin *Pinus halepensis*.

### 2.1.2. Evolution de la densité des plantules du Pin d’Alep

L’analyse statistique de la densité des plants du *Pinus halepensis*, sous l’effet des différents traitements a été très significative (tableau 37). Les différents traitements ont une influence sur la densité du *Pinus halepensis*. Le crochetage est de loin, le traitement présentant la densité la plus importante.

Le labour profond, le broyage et le brûlage présentent une densité faible, alors que le semis naturels (Témoin) présente une très faible densité (figure 41).

Tableau 37. Résultats du traitement statistique de la densité du *Pinus halepensis* à la fin de chaque période de croissance.

Date de mesure	DDL	SC	MC	F	Valeur de p et signification
Mai 2018	5	4587.0970000	1146.7740000	78.0632000	0.000000***
Mai 2019	5	1326.1250000	331.5313000	175.2527000	0.000000***
Mars 2020	5	54.6146700	13.6536700	226.3039000	0.000000***

SC : Somme des carrés, DDL : degré de liberté, MC : Moyenne des carrés, Fobs : F. observé, P : plus- value, \*= signification

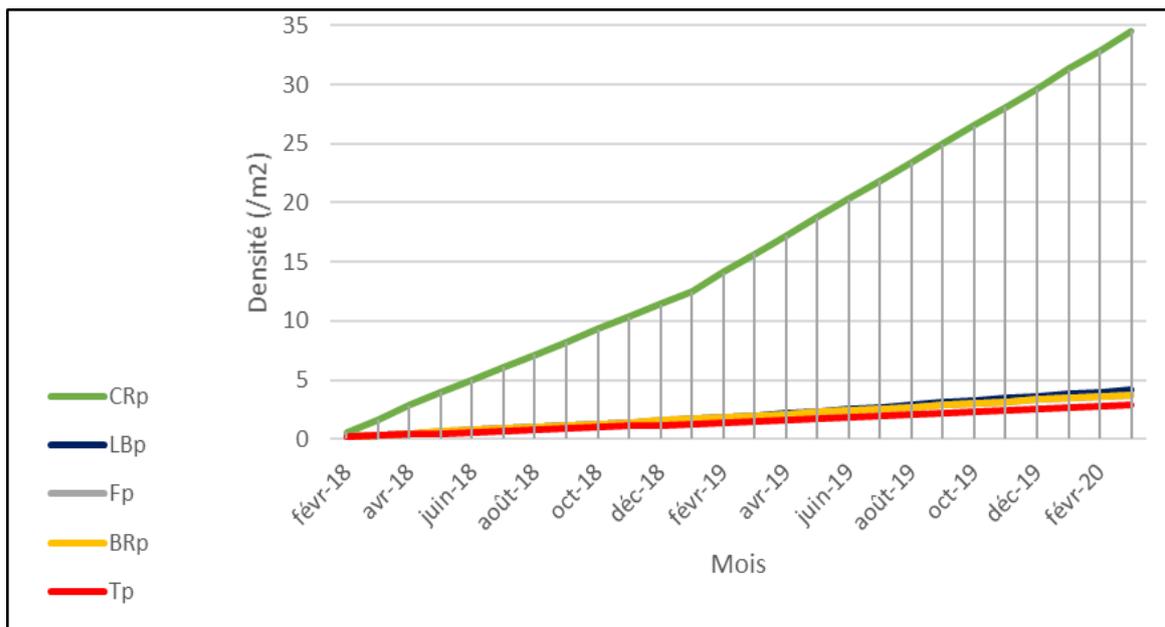


Figure 41. Effet des traitements de sol sur la densité cumulée des plants du *Pinus halepensis* (A.N.O.V.A).

CRp : Crochetage *Pinus halepensis* ; LBp : Labour profond *Pinus halepensis* ; Fp : Brûlage dirigé *Pinus halepensis* ; BRp : Broyage *Pinus halepensis* ; Tp : Témoin *Pinus halepensis*.

## 2.2. Thuya de berberie

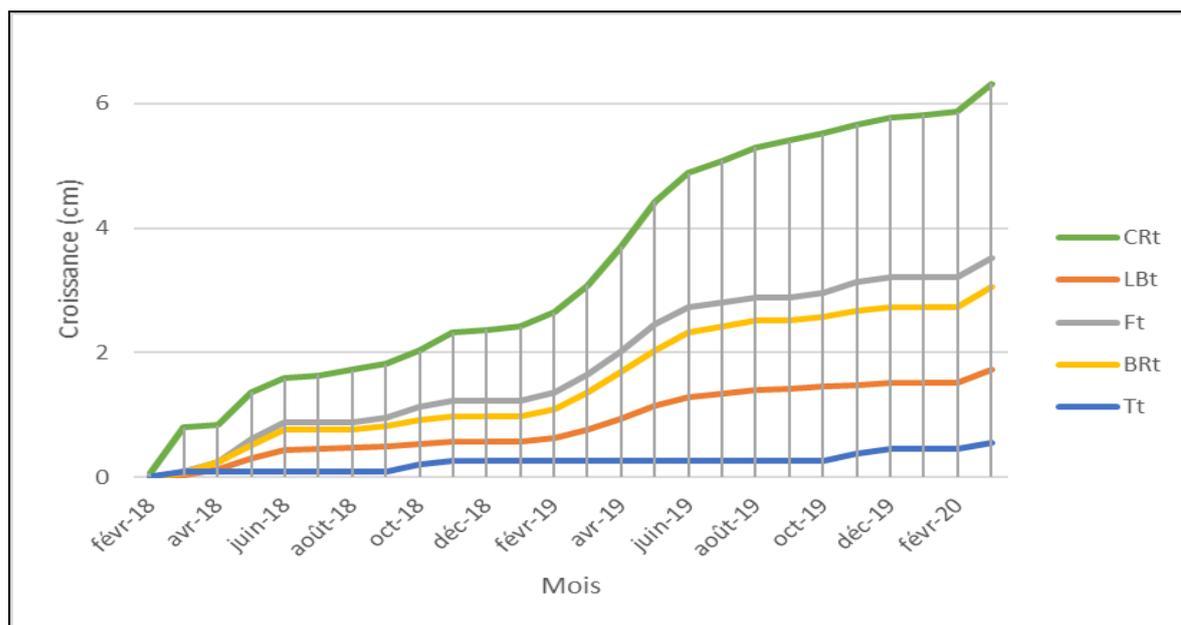
### 2.2.1. Croissance des plantules du Thuya de berberie

L'analyse statistique de la croissance des plants du *Tetraclinis articulata*, sous l'effet des cinq traitements a été très significative (tableau 38). Les différents traitements du sol ont une influence sur sa croissance. Le crochetage constitue le traitement présentant la hauteur la plus importante.

Le broyage et le brûlage présentent une hauteur moyenne, le labour profond présente une faible hauteur, alors que le semis naturels (Témoin) présente une très faible hauteur. Cette dissimilitude entre les cinq traitements apparait augmentée d'une année à l'autre. Le maximum de croissance est enregistré pendant la période de mars à juin de chaque année lorsque l'activité biologique de la végétation est maximale (figure 42).

Tableau 38. Résultats du traitement statistique de la croissance du *Tetraclinis articulata* à la fin de chaque période de croissance.

Date de mesure	DDL	SC	MC	F	Valeur de p et signification
Mai 2018	5	3.1008	3.1008	79.8500	0.000000***
Mai 2019	5	28.2133	28.2133	70.2410	0.000000***
Mars 2020	5	63.9410	63.9410	80.2440	0.000000***



**Figure 42.** Effet des traitements de sol sur la croissance cumulée des plants du *Tetraclinis articulata* (A.N.O.V.A).

CRT : Crochetage *Tetraclinis articulata* ; LBT : Labour profond *Tetraclinis articulata* ; Ft : Feux : Brûlage dirigé dirigé *Tetraclinis articulata* ; BRt : Broyage *Tetraclinis articulata* ; Tt : Témoin *Tetraclinis articulata*.

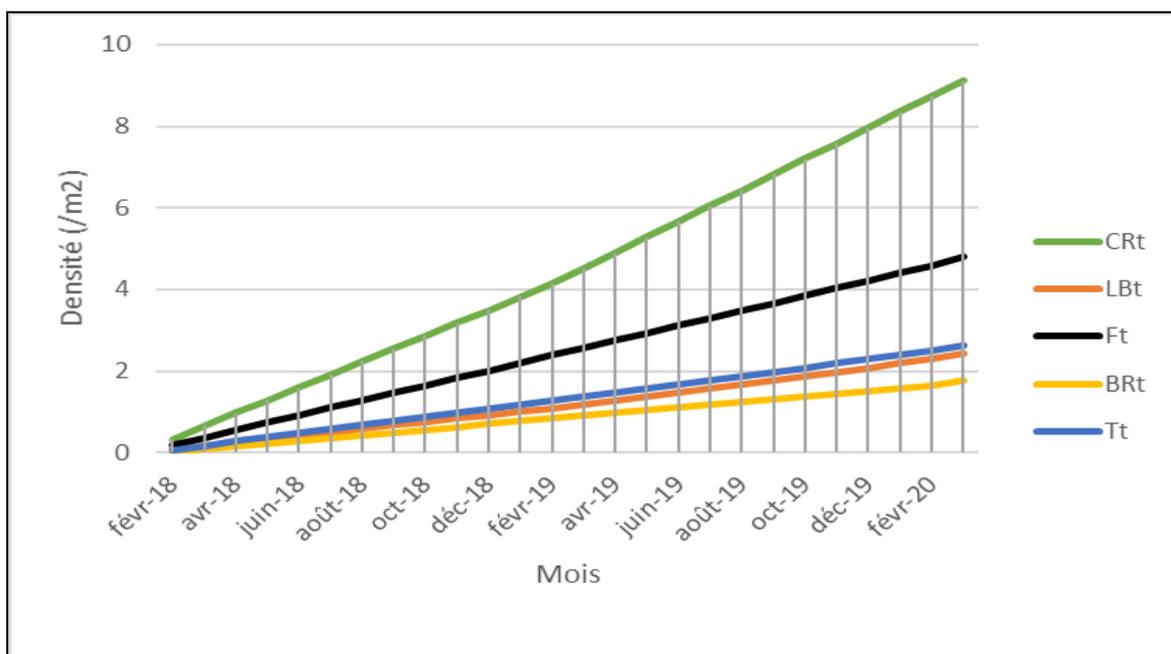
### 2.2.2. Evolution de la densité des plantules du Thuya de berberie

L'analyse statistique de la densité des plants du *Tetraclinis articulata*, sous l'effet des cinq traitements a été significative (tableau 39). Les différents traitements ont une influence sur la densité du *Tetraclinis articulata*. Les crochetages se sont confirmé le traitement présentant la densité la plus importante.

Le brûlage présente une densité assez importante, alors que le semis naturel, le labour profond et le broyage présentent une faible densité. Cette différence entre les cinq traitements semble augmentée d'une année à l'autre. L'extrémum (maximum) de densité est enregistré pendant la période de mars à juin de chaque année lorsque l'activité biologique de la végétation est maximale (figure 43).

**Tableau 39.** Résultats du traitement statistique de la densité du *Tetraclinis articulata* à la fin de chaque période de croissance.

Date de mesure	DDL	SC	MC	F	Valeur de p et signification
Mai 2018	5	4.422	1.1055	7.0926	0.000000***
Mai 2019	5	72.942	18.2355	6.65028	0.000000***
Mars 2020	5	216.4113	54.1028	7.56204	0.000000***



**Figure 43.** Effet des traitements de sol sur la densité cumulée des plants du *Tetraclinis articulata* (A.N.O.V.A).

CRT : Crochetage *Tetraclinis articulata* ; LBt : Labour profond *Tetraclinis articulata* ; Ft : Feux : Brûlage dirigé *Tetraclinis articulata* ; BRt : Broyage *Tetraclinis articulata* ; Tt : Témoin *Tetraclinis articulata*.

## 2.3. Genévrier oxycèdre

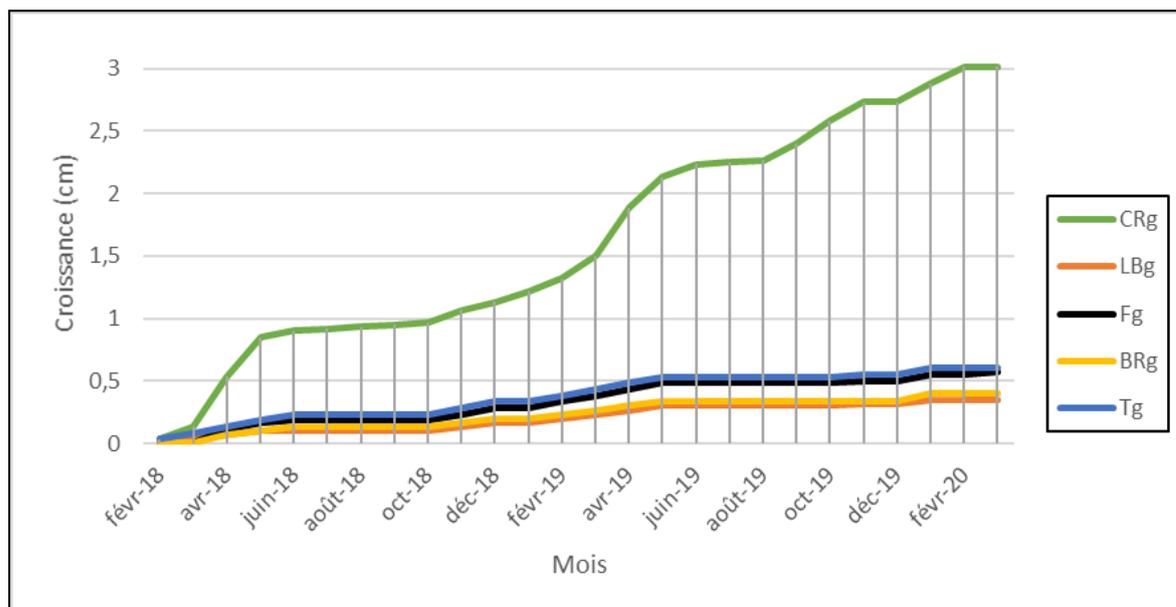
### 2.3.1. Croissance des plantules du Genévrier oxycèdre

L'analyse statistique de la croissance des plants du *Juniperus oxycedrus*, sous l'effet des différents traitements a été significative (tableau 40). Les cinq traitements ont une influence différente sur la croissance de cette espèce. Le crochetage s'est révélé le traitement présentant la hauteur la plus importante.

Le broyage, le brûlage et le labours profond et le témoin présente une faible hauteur. Cette différence entre les différents traitements semble augmentée d'une année à l'autre. Le maximum de croissance est enregistré pendant la période de l'activité biologique maximale de la végétation durant la période de mars à juin de chaque saison végétatif (figure 44).

**Tableau 40.** Résultats du traitement statistique de la croissance du *Juniperus oxycedrus* à la fin de chaque période de croissance.

Date de mesure	DDL	SC	MC	F	Valeur de p et signification
Mai 2018	5	2.471333	0.617833	22.82635	0.000000***
Mai 2019	5	14.44533	3.61133	12.42146	0.000000***
Mars 2020	5	31.178	7.7945	19.14797	0.000000***



**Figure 44.** Effet des traitements de sol sur la croissance cumulée des plants du *Juniperus oxycedrus* (A.N.O.V.A).

CRg : Crochetage *Juniperus oxycedrus* ; LBg : Labour profond *Juniperus oxycedrus* ; Fg : Feux : Brûlage dirigé *Juniperus oxycedrus* ; BRg : Broyage *Juniperus oxycedrus* ; Tg : Témoin *Juniperus oxycedrus*.

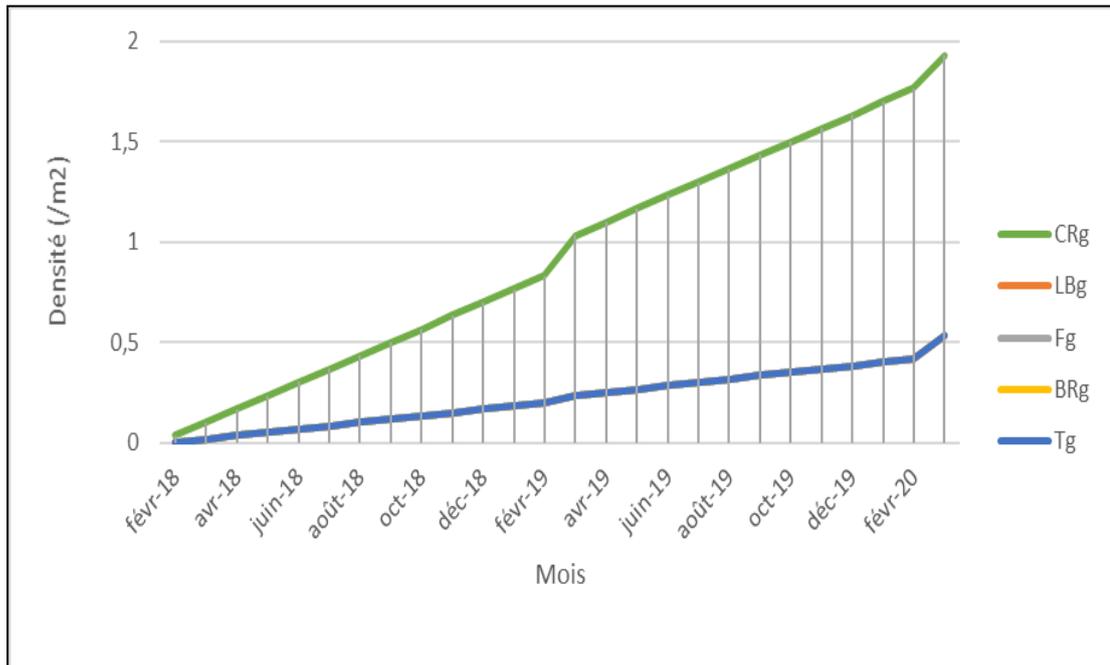
### 2.3.2. Evolution de la densité des plantules du Genévrier oxycède

L'analyse statistique de la densité des plants du *Juniperus oxycedrus*, sous l'effet des différents traitements a été significative (tableau 41). Les différents traitements ont un impact sur la densité du *Juniperus oxycedrus*. Le crochetage présente le traitement le plus efficace.

Les autres techniques présentent une faible densité. Cette différence entre les différents traitements semble augmentée d'une année à l'autre. Le maximum de densité est enregistré pendant la période de l'activité biologique maximale de la végétation durant la période de mars à juin de chaque saison végétatif (figure 45).

**Tableau 41.** Résultats du traitement statistique de la densité du *Juniperus oxycedrus* à la fin de chaque période de croissance.

Date de mesure	DDL	SC	MC	F	Valeur de p et signification
Mai 2018	5	0.161333	0.040333	2.43952	0.000000***
Mai 2019	5	3.88800	0.972000	2.19578	0.000000***
Mars 2020	5	9.40800	2.35200	1.95565	0.000000***



**Figure 45.** Effet des traitements de sol sur la densité cumulée des plants du *Juniperus oxycedrus* (A.N.O.V.A).

CRg : Crochetage *Juniperus oxycedrus* ; LBg : Labour profond *Juniperus oxycedrus* ; Fg : Feux : Brûlage dirigé *Juniperus oxycedrus* ; BRg : Broyage *Juniperus oxycedrus* ; Tg : Témoin *Juniperus oxycedrus*.

### 3. Discussion

#### 3.1. Discussion des résultats des traitements pré-germinatifs

*Juniperus* occupe une place importante dans le paysage nord-africain, essentiellement en raison de leur rusticité et de leur dynamisme ; ce sont en effet des espèces pionnières peu exigeantes du point de vue écologique et présentes depuis le bord de la mer jusque sur les sommets des Atlas. Leur rusticité leur permet de résister tant bien que mal aux agressions humaines intenses dont ils sont l'objet car dans de nombreuses régions, ils représentent le seul élément arboré ou arbustif susceptible d'être exploité pour le bois ou le feuillage, voire à des fins industrielles ou médicinales.

La germination du *Juniperus oxycedrus* n'est pas étudiée à l'échelle de pays malgré l'importance écologique et économique de ces deux espèces comme la majorité des essences forestières Algériennes.

Nos résultats montrent qu'au cours de ces essais, les semences du *Juniperus oxycedrus* présentent des problèmes de dormance. Ils sont affectés des traitements pré-germinatifs, qui pourraient éliminer la dormance tégumentaire, ce qui facilite par la suite, l'accès de l'oxygène et l'eau à l'embryon. Ces prétraitements, suivis d'un trempage de 48h dans l'eau distillée, constitue un moyen simple et efficace pour améliorer le pouvoir germinatif chez ces deux espèces (ZINE EL ABIDINE, 2003 ; EL WAHIDI *et al.*, 2013a ; EL WAHIDI *et al.*, 2013b).

Les résultats obtenus au cours de ces essais laissent apparaître que les téguments constituent un obstacle non négligeable à la germination homogène et rapide des semences du *Juniperus oxycedrus*. En effet, il est montré l'action bénéfique de l'enlèvement des enveloppes séminales sur le taux et la cinétique de germination (BECQUEREL, 1907 ; LAMOND, 1978 ; NONGONIERMA, 1978 ; COE, 1987 ; TYBIRK, 1991 ; WERKER, 1980-1981 ; HANNA, 1984 ; CAVANAGH, 1987 ; COME, 1970 ; CLEMENS *et al.*, 1977 ; TYBIRK *et al.*, 1994 ; MEDJATI *et al.*, 2014).

La germination des graines du *Juniperus oxycedrus* est significativement influencée par les traitements utilisés ( $P < 0, 0000^{***}$ ). Le traitement mécanique, par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) pendant 60mn et par le froid ( $5\text{ C}^\circ$ ) procure de bien meilleurs résultats que les autres prétraitements (le témoin, acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) pendant 10 mn et 30 mn et Eau bouillante) n'ont eu aucun effet sur la germination des graines. Ils ont donné au bout de 17 à 20 jours seulement, les taux de germination les plus élevés (82 % pour le traitement mécanique, 92 % pour par l'acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) pendant 60 mn et 86 % pour le traitement par le froid ( $5\text{ C}^\circ$ ). Les difficultés de germination doivent être recherchées au niveau de la structure des téguments qui seraient plus coriaces (ZINE EL ABIDINE, 2003 ; El WAHIDI *et al.*, 2013c).

Le traitement mécanique, par acide sulfurique ( $H_2SO_4$ ) pendant 60 mn et par froid ( $5\text{ C}^\circ$ ) ont amélioré significativement le taux de germination des graines du genévrier oxycèdre, car elle permet de lever la dormance des graines très dure telles que du genre *Juniperus*, *Olea*, *Argania*, *Abies...etc.* (HELLER, 1990 ; WILLAN, 1992 ; BOUGUEDOURA, 2000 ; DERRIDJ *et al.*, 2000 ; BEGHAMI *et al.*, 2013 ; FENDOUCI et SBABDJI, 2018).

## **3.2. Discussion des résultats de la restauration écologique**

### **3.2.1. Impact général des techniques de restauration sur la croissance des espèces**

Cette étude vise à identifier les techniques de restauration écologique (les traitements de la végétation et du sol) les plus favorables à la régénération naturelle des essences pionnières de la forêt de Doui Thabet.

Les résultats obtenus pour les trois essences sous l'effet des différentes techniques de restauration sont significatifs ( $p \leq 0.05$ ), ce qui nous permet de confirmer que l'efficacité de ces techniques de restauration varié d'une technique à une autre et d'une essence à l'autre.

Bien que très peu de résultats chiffrés de ces techniques n'est disponible car la majorité des rapports ne donnent que des informations qualitatives. La majorité des études se sont intéressés plus aux résultats de diagnostic phyto-écologique.

L'ensemble des résultats obtenus sont renseignés dans le tableau 42 :

Tableau 42. Résultats des différentes techniques utilisées dans la zone d'étude (sur la croissance) (unité : cm).

Essence	Crochetage				Brûlage dirigé				Broyage				Labour profond				Témoin			
	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy
<i>P.A</i>	3	8.5	11	4	2	3.9	5	1.5	1.9	3.9	5	1.5	1.9	3.9	5	1.5	1.8	3	3.8	0.9
<i>T.A</i>	1	4.2	6.2	2.6	0.5	2.3	3.5	1.5	0.5	2	3	1.2	0.2	1.2	1.8	0.8	0.1	0.2	0.5	0.2
<i>J.O</i>	1.8	2.8	3	0.6	0.2	0.45	0.6	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.25	0.3	0.4	0.1	0.25	0.5	0.6	0.1

*P.A*: *Pinus halepensis* ; *T.A* : *Tetraclinis articulata* ; *J.O* : *Juniperus oxycedrus* ; Moy : Moyenne.

## A. Impact du crochetage sur la croissance des essences

La régénération par semis est plus importante dans le cas du crochetage. Cet effet est significatif pour les mesures des trois années (2018, 2019 et 2020). Le crochetage présente une forte hauteur pour les 3 essences pionnières de la forêt de Doui Thabet :

a- La croissance moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années passant de 3 cm en Mai 2018 à 8.5 cm en Mai 2019 et à 11 cm en Mars 2020 (une moyenne annuelle de 4 cm/an). Ce résultat est plus important que le résultat du témoin (0.9 cm/an) et les autres techniques. Nos résultats de crochetage sont proche que ceux obtenus **SNANE et al. (1992)** en Tunisie, où ils ont obtenu une croissance moyenne annuelle de 5.6 cm/an. Nos résultats sont aussi proches de ceux de **POUPON (1968)** (5 cm/an) dans l'arboretum de Zerniza (Tunisie) et de **BROCHIERO et al. (1999)** en Provence (France) où ils ont signalé une croissance de 4.6 cm/an. Cependant, la croissance de nos plants reste inférieure par rapport à ceux signalés par **BOUDY (1950)**, **PARDE (1957)**, **NAHAL (1962)**, **LE TACON et MALPHETTES (1973)**, **LELEUX (1985)**, **HUYNH-LONG et KHELIFI (1988)**, **BOUGUENA (2011)** qui ont situés cette croissance entre 14 à 18 cm/an, par contre **KADIK (1976 ; 1979)** a signalé une croissance moyenne entre 17 -25 cm/an.

En travaillant sur la dynamique de la régénération du genre *Quercus*, (**NASRALLAH et KHELIFI, 2010 ; NASRALLAH, 2014**) constatent que les différences entre les résultats peuvent être expliquées par les conditions expérimentales, la provenance des graines et à l'effet des périodes phénologiques et à l'effet des périodes de croissances intra et inter annuelles (**NASRALLAH et KHELIFI, 2010 ; NASRALLAH, 2014**).

Nos résultats corroborent à ceux de **NAHAL (1962)** et **ACHERAR et al. (1984)**, qui ont travaillé sur *Pinus* constatent que la croissance des les jeunes semis au cours des deux premières années.

Par ailleurs, les semis ont besoin de lumière, mais un léger couvert leur est plutôt favorable (**ACHERAR et al., 1984**). Ils sont capables de s'installer sur la plupart des types de sol.

b-Dans ce cas, la croissance moyenne du *Tetraclinis articulata* sous l'influence du crochetage, on constate qu'elle augmente au cours des trois années passant de 1 cm en Mai 2018 à 4.2 cm en Mai 2019, pour atteindre 6.2 cm en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 2.6 cm/an. Ce résultat est plus important que celui du témoin (0.2 cm/an) et les autres techniques. Bien que ces résultats sont significatifs, ils demeurent inférieurs à ceux de **BOUDY (1952)** qui a obtenu une croissance annuelle de 10-20 cm. **BENABID (1977)** indique qu'elle est de l'ordre de 15-20 cm par an. **HADJADJ-AOUL (1995)** a obtenu une croissance annuelle de 17-30 cm au niveau de l'Arboretum de Tenira. En région méditerranéenne, la disponibilité en eau constitue le facteur limitant principal de la croissance et la régénération sexuée de la végétation (**QUEZEL et BARBERO, 1982 ; PIGOTT et PIGOTT, 1993**), même si celle-ci résulte plus globalement des relations complexes entre la lithologie, les sols et le climat

(QUEZEL, 1985), auxquelles s'ajoute l'influence des activités humaines (QUEZEL et MEDAIL, 2003 ; BLONDEL et al., 2010).

Nos résultats montrent que la croissance correspond au printemps-été (la période optimale de l'activité biologique de la végétation) est plus élevée que celle de l'automne-hiver (L'existence de deux périodes de croissance majeur et mineur). Ces données sont en conformité avec les résultats avancés par NASRALLAH et KHELIFI (2010) et NASRALLAH (2014) qui ont montré l'existence de deux périodes de croissance chez le *Quercus ilex* dans la région de Saida.

c- Quant à la croissance moyenne du *Juniperus oxycedrus* sous l'influence du crochetage, on remarque qu'elle augmente au cours des trois années passant de 1.8 cm en Mai 2018, à 2.8 cm en Mai 2019, pour atteindre 3 cm en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 0.6 cm/an. Ce résultat est plus important comparativement à celui du témoin (0.1 cm/an) et les autres techniques.

## **B. Impact du brûlage dirigé sur la croissance des essences**

Pour les trois espèces, le brûlage dirigé est la technique qui permet d'obtenir les meilleurs résultats de régénération par semis en matière de croissance en hauteur, après le crochetage pour *Tetraclinis articulata* surtout :

a- La croissance moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années en passant de 2 cm en Mai 2018, à 3.9 cm en Mai 2019 et à 5 cm en Mars 2020, avec une croissance moyenne annuelle de 1.5 cm/an. Ce résultat est moins important (faible) que le résultat du crochetage pour la même espèce (4 cm/an) mais elle est importante au témoin (une moyenne annuelle de 0.9 cm/an) et identiques pour les autres techniques. Il est à noter que des résultats semblables ont été obtenus par VENNETIER et al. (2011) en régions méditerranéenne française avec une croissance moyenne annuelle de 1 à 6.5 cm/an sur cette espèce.

b- La croissance moyenne du *Tetraclinis articulata* augmente au cours des trois années en passant de 0.5 cm en Mai 2018, à 2.3 cm en Mai 2019 et à 3.5 cm en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 1.5 cm/an. Cette croissance est inférieure que celle du crochetage pour la même espèce (2.6 cm/an) mais il est important au témoin (une moyenne annuelle de 0.2 cm/an) et au labour profond (0.8 cm/an) par contre elle est proche que celle de boryage.

Bien que nos résultats sont significatifs, ils demeurent inférieurs à ceux de BOUDY (1952) qui a obtenu une croissance annuelle de 10-20 cm (en Algérie), par contre HADJADJ-AOUL (1995) a obtenu que la croissance annuelle de 17-30 cm/an (à Tanira). Nos faibles résultats par rapport à ces études, sont dus à la différence des conditions du milieu surtout le facteur édapho-climatique et la sécheresse prolongée qui a touché notre zone d'étude durant la période 2018-2020. À ce sujet BENABID (1977) a signalé que la croissance des plants de thuya de berberie est maximale sur les sols profonds et riches.

c- Le brûlage dirigé a une influence sur la croissance du *Juniperus oxycedrus* qui augmente au cours des trois années en passant de 0.2 cm en Mai 2018, à 0.45 cm en Mai 2019

et à 0.6 cm en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 0.2 cm/m<sup>2</sup>. Ce résultat est moins important (faible) que le résultat du crochitage pour la même espèce (0.6 cm/an) mais cette croissance est identique aux autres techniques et témoin (0.1 cm/an).

### **C. Impact du broyage sur la croissance des essences**

Les travaux de broyage ont un effet favorable seulement pour le *Pinus halepensis*, les autres espèces n'ont pas réagi favorablement à cette technique :

a-La croissance moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années passant de 1.9 cm en Mai 2018, à 3.9 cm en Mai 2019 et à 5 cm en Mars 2020 avec une croissance moyenne annuelle de 1.5 cm/an. Cette croissance est plus importante que celle du témoin (avec une moyenne annuelle de 0.9 cm/an). Ce qui signifie que cette technique agit positivement pour la croissance du *Pinus halepensis* mais reste identique au brûlage dirigé faible à celle du crochitage (avec une moyenne annuelle de 4 cm/an).

b- Comparativement au témoin, le broyage a un effet sur la croissance moyenne du *Tetraclinis articulata*. Cette croissance est de 0.5 cm en Mai 2018, à 2 cm en Mai 2019 et à 3 cm en Mars 2020 (une moyenne annuelle de 1.2 cm/an), par contre, elle n'est qu'une moyenne annuelle de 0.2 cm/an pour le témoin mais ce résultat est faible par rapport à celle de crochitage (2.6 cm/an) et de brûlage (1.5 cm/an).

c- La croissance moyenne du *Juniperus oxycedrus* sous l'influence du broyage qui augmente au cours des trois années en passant de 0.2 cm/an en Mai 2018, à 0.3 cm/an en Mai 2019 et à 0.4 cm/an en Mars 2020 (moyenne annuelle de 01 cm). Cette croissance est plus ou moins faible à celle du témoin (0.1 cm/an) et au brûlage dirigé (4.1 cm/an) et trop faible par rapport au crochitage (une moyenne annuelle de 2.53 cm/an).

### **D. Impact du Labour profond sur la croissance des essences**

Le labour profond est moins favorable aux trois essences pionnières de la forêt de Doui Thabet sauf sur le *Pinus halepensis* où il est identique au broyage et brûlage dirigé :

a- La croissance moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années passant de 1.9 cm en Mai 2018, à 3.9 cm en Mai 2019 et à 5 cm en Mars 2020 (une moyenne annuelle de 1.5 cm/an). Ce résultat est plus ou moins important que celui du témoin (avec une moyenne annuelle de 0.9 cm/an), il est identique à celui broyage et du brûlage mais reste trop faible au crochitage (4.3 cm/an). Cette croissance est plus faible durant les premières années que celles de **BOCIO et al. (2003)** qui ont obtenu une croissance du *Pinus halepensis* passant de 5 cm en 1996 à 8 cm en 1997, pour atteindre 5 cm en 1998 et 2 cm en 1999. Cette différence entre nos résultats et ceux de **BOCIO et al. (2003)** sont dus à la différence entre les étages de végétation qui sont thermo-méditerranéen pour notre zone et Montagnard-méditerranéenne (le Nord de la France) pour ceux de **BOCIO et al. (2003)**. Contrairement aux levées des plants, la croissance en hauteur n'est très influencée par les techniques du sol et de végétation.

b- Pour le *Tetraclinis articulata*, sa croissance moyenne augmente au cours des trois années passant de 0.2 cm en Mai 2018 à 1.2 cm en Mai 2019 et à 1.8 cm en Mars 2020 (une moyenne annuelle de 0.8 cm/an). Ce résultat est plus ou moins important que celui des autres techniques mais il faut noter qu'il est assez important que le témoin (0.2 cm/an).

c- La croissance moyenne du *Juniperus oxycedrus* sous l'influence du broyage qui augmente au cours des trois années en passant de 0.25 cm/an en Mai 2018, à 0.3 cm/an en Mai 2019 et à 0.4 cm/an en Mars 2020 (moyenne annuelle de 0.1 cm). Ce résultat est plus faible que celle de crochetage et proche/identique à celle du broyage et du brûlage dirigé.

### **3.2.2. Impact général des techniques de restauration sur la densité des espèces**

La régénération par semis est plus importante (plus dense) dans le cas du crochetage. Cet effet est significatif pour les mesures des trois campagnes (2018, 2019 et 2020). Le crochetage présente une forte densité pour les essences pionnières de la forêt de Doui Thabet (tableau 43):

Tableau 43. Résultats des différentes techniques utilisées dans la zone d'étude (sur la densité) (unité : levée/m<sup>2</sup>).

Essence	Crochetage				Brûlage dirigé				Broyage				Labour profond				Témoin			
	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy	2018	2019	2020	Moy
P.A	4	17	34.5	18.5	0.3	2	3.5	1.9	0.3	2	3.5	1.9	0.3	2	3.6	1.9	0.3	1.8	3	1.7
T.A	1.2	5	11	5.7	1	2.5	4.9	2.8	0.4	1.4	2.3	1.3	0.4	1.5	2.4	1.4	0.5	1.6	2.5	1.5
J.O	0.25	1.1	1.8	1	0.1	0.25	0.6	0.3	0.1	0.25	0.6	0.3	0.1	0.25	0.6	0.3	0.1	0.25	0.6	0.3

P.A: *Pinus halepensis* ; T.A : *Tetraclinis articulata* ; J.O : *Juniperus oxycedrus* ; Moy : Moyenne.\*

## **A. Impact du crochetage sur la densité des essences**

a- La densité moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années passant de 4 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2018 à 17 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et 34.5 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 (une densité moyenne annuelle de 18.5 levée /m<sup>2</sup>). Ce résultat est plus important que le résultat du témoin (1.7 levée /m<sup>2</sup>). Nos résultats sont supérieurs à ceux de **PREVOSTO et al. (2009 ; 2011)** qui ont obtenu en Basse Provence (France méditerranéenne), une densité de cette espèce, passant 1,04 levée /m<sup>2</sup> en 2005 à 2,09 levée /m<sup>2</sup> fin 2006 et à levée/m<sup>2</sup> en 2007 (moyenne annuelle de 1.46 levée /m<sup>2</sup>), ils ont expliqué cette chute des résultats par la forte sécheresse durant cette année (2007).

b- La densité moyenne du *Tetraclinis articulata* augmente au cours des trois années, passant de 1.2 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 5 /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et 12 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 5.7 levée/m<sup>2</sup>. Cette densité est plus importante que celui du témoin (1.5 levée /m<sup>2</sup>) mais reste faible par rapport à celui de *Pinus halepensis* (18.5 levée/an). En absence de travaux sur la régénération par semis de cette espèce, les résultats obtenus sur la densité ne peuvent être comparés que sur le plan phyto- écologique.

Plusieurs raisons sont prises en considération pour justifier nos faibles résultats. Plusieurs auteurs (**BOUDY, 1952 ; BENABID, 1977 ; HADJADJ-AOUL, 1995 ; DREF, 2002 ; HDAJAJ, 2009 ; H.C.E.F.L.C.D, 2013**) confirment que la régénération par voie sexuée est très faible chez le *Tetraclinis articulata*, par contre sa régénération par voie asexuée est importante. Premièrement, bien que la fructification de l'arbre est suffisamment abondante, la régénération par voie sexuée est irrégulière, cette irrégularité tient vraisemblablement à la nature de substratum, c'est l'unique mode de régénération appliqué aux Tetraclinis (**BOUDY, 1952 ; DREF, 2002**). **HADJADJ (2009)** a signalé que les peuplements du thuya semblent ne se régénérer que par multiplication végétative et seraient donc caractérisés par une régénération naturelle déficiente en semis au vu de l'importante quantité de semences produites. **BENABID (1977)**, révélait qu'une pluviométrie très irrégulière et souvent mal répartie ajoutée à une saison sèche parfois trop prolongée, conditionnent la germination des graines et la survie des semis en été. Aussi l'exploitation des souches mortes qui fournissent la loupe de thuya, est une pratique qui met en danger la survie de cette essence dont la régénération est difficile et la croissance est lente (**H.C.E.F.L.C.D, 2013**). A ce propos, **HADJADJ-AOUL (1995)**, signale que les expositions chaudes sont propices à l'installation des semis, entre les arbustes (cistes, romarins, lavandes) ; la germination semble mieux s'y réaliser que dans les vides et les petites clairières. Sous l'arbre lui-même, c'est-à-dire sous un léger feuillage, on observe aussi le maximum de régénération. Concernant la litière, la mortalité des jeunes semis semble être selon l'auteur liée au moins en partie à l'épaisseur de l'horizon A<sub>0</sub>, mais aussi à la nature de cette litière.

c- Le crochetage augmente la densité moyenne du *Juniperus oxycedrus* au cours des trois années pour passer de 0.25 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2018 à 1.1 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 1.8 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 1 levée/m<sup>2</sup>. Cette augmentation est très importante, comparativement à celle du témoin, qui passe de 0.3 levée/m<sup>2</sup>. En absence de travaux sur la régénération par semis de cette espèce, nos résultats sont comparables à ceux de

de **EL ALAOUI-EL FELS et ROQUES (2006)** qui ont obtenu un taux final de levée compris entre 3,5 à 5,5%, néanmoins **BADRI (1997)** a obtenu un taux final de levée allant de 0 à 2%.

Donc le crochitage est un traitement très favorable à la régénération des essences pionnières de la forêt de Doui Thabet. Ces résultats sont en accord avec les travaux de **LE-TACON, (1974)**, **LINCOLN et al. (2007)**, **PREVOSTO et al. (2009)**. Ils étaient tous d'accord que l'impact de crochitage permet en effet d'offrir un fort pourcentage de sol nu et le contact ainsi favorisé entre le sol et la graine permet une meilleure germination. La décompaction du sol permet aussi un enracinement plus facile et un meilleur approvisionnement en eau facilitant la croissance et la survie du semis. Il faut cependant souligner une remarque importante pour ce traitement : la progression des herbacées est forte et une étude sur un temps plus long est donc nécessaire pour suivre la survie de la régénération en réponse au développement de la végétation compétitive.

## **B. Impact du brûlage dirigé sur la densité des essences**

a- La densité moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années en passant de 0.3 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 2 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 3.5 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 1.9 levée/an. Cette densité est plus au moins proche du témoin (1.7 levée/an) mais il est trop faible par rapport au crochitage (18.5 levée/an). Nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **PREVOSTO et al., (2011)** qui ont avancé une densité du *Pinus halipensis* passant de 0.5 semis/m<sup>2</sup> en décembre 2005 à 1.2 semis/m<sup>2</sup> fin 2006 et 0.2 semis/m<sup>2</sup> en 2007 (moyenne annuelle de 0.63 levée/an). Ils ont expliqué ce faible résultat par la forte sécheresse durant cette période (2005-2007).

La densité de notre expérimentation est inférieure à celle obtenu par **MEDDOUR (1992)** dans l'arboretum de Meurdja à Blida pendant plus de 4 ans et qui est effectivement importante (4.2 semis/m<sup>2</sup>). Cette différence est liée principalement au bioclimat notamment la quantité des précipitations dans les deux zones (étage bioclimatique semi-aride à Doui Thabet et humide à Blida). Cependant la densité de notre expérimentation est certainement plus intéressante comparée à celle de la régénération du Barrage vert qui est de 0.2 semis/m<sup>2</sup> (**LETREUCH-BELAROUCI, 1981**), cette différence est liée principalement au bioclimat notamment la quantité des précipitations dans les deux zones (étage bioclimatique semi-aride de Doui Thabet et aride du Sud de Djelfa).

b- La densité moyenne du *Tetraclinis articulata* augmente au cours des trois années et passe de 1 levée/m<sup>2</sup> en Mai 2018 à 2.5 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 4.9 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020, en enregistrant une moyenne annuelle de 2.8 levée /m<sup>2</sup>. Ces résultats sont plus importants que ceux du témoin (moyenne annuelle de 1.53 levée /m<sup>2</sup>) mais reste inférieur à celle de crochitage (moyenne annuelle de 5.73 levée/an). Ces données ne peuvent être comparés ni quantitativement ni qualitativement en absence des études similaires.

En outre, de nombreuses études s'accordent pour montrer que le nombre de plantules de régénération est relativement faible les premières années après un incendie, puis augmente pour atteindre un maximum entre 10 et 15 ans après le feu (**TRABAUD et al., 1985 ; MARTINEZ-**

**SANCHEZ, 1996 ; TRABAUD, 2000**). Le maximum peut ensuite varier selon que la pinède ait un sous- bois de chêne kermès (8-9 ans) ou un sous- bois dominé par le romarin (14-15 ans).

c- Le brûlage dirigé augmentent la densité du *Juniperus oxycedrus* au fur et à mesure de la densité pour passer de 0.1 levée/m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 0.25 levée/m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 0.6 levée/m<sup>2</sup> en Mars 2020. La moyenne de cette densité est de 0.3 levée/m<sup>2</sup>. Elle reste toujours similaire à celle du témoin, mais reste toujours faible par rapport à celle de crochetage (1.50 levée/an).

D'après de nombreux auteurs cités par **TRABAUD (1970 ; 1980)**, les températures fait la levée de dormance (levée de dormance activée par la chaleur) où la compétition est moins sévère que sous le couvert du maquis, des conditions favorables à leur installation sur des sols enrichis en éléments fertilisants par les cendres (**LE HOUEROU, 1980 ; REGO et al., 1987 ; DE MONTGOLFIER, 1986 ; MAY, 1987 ; NOËL, 2001**).

Les mêmes résultats ont été obtenu par **PRODON et al. (1984)** en constatant que, le premier printemps, le tapis herbacé laisse en partie le sol à nu entre les brûlis de espèces. Parmi les herbacées, les graminées ne dominent pas toujours et l'on peut noter, en plus des plantules de cistes et ajoncs, les espèces suivantes : *Cistus, Asphodelus, Reseda, Anagallis, Lamium* ...Etc. Au deuxième printemps, le tapis herbacé devient continu, piqueté par les repousses de strate arborescente qui dépassent déjà la hauteur moyenne des plantules de cistes. Aussi pendant cette période la reconstitution de la strate arborescente très rapide. Ces auteurs ont constaté q' au courant de la 2<sup>ème</sup> année les espèces suivantes : *Ornithopus, Vicia, Lathyrus, Trifolium...* elles forment sous les strates arborescentes de véritables pelouses ouvertes dès le premier printemps après deuxième printemps.

Selon certains auteurs, dont **COME (1970) ; TOOLE (1973) ; KENDRICK (1976) ; KARSSSEN (1980) ; ARIANOUTSOU (1984) ; THANOS et GEORGHIOU (1988) ; CURTE et al. (2009)** que l'action de la chaleur entraînerait, aussi, de nouvelles conditions de germination. Ils ont montré que le phytochrome jouait un rôle important dans le déclenchement de la germination

### **C. Impact du broyage sur la croissance des essences**

a-La densité moyenne du *Pinus halepensis* passe de 0.3 levée/m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 2 levée/m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 3.5 levée//m<sup>2</sup> en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 1.93 levée/m<sup>2</sup>/an. Cette densité reste plus au moins proche de celle du témoin (avec une moyenne annuelle de 1.7 levée//m<sup>2</sup>) et identique à celle de brulage dirigé mais reste trop loin à celle du crochetage (18.5 levée/an), ce qui signifie que cette technique est peu importante pour la régénération de cette espèce. Nos résultats sont similaires (pour les deux premières années) à ceux de **PREVOSTO et al. (2011)** qui ont obtenu une densité de pin d'Alep de 0.5 levée//m<sup>2</sup> en décembre 2005, et 2 levée//m<sup>2</sup> fin 2006, pour chuter brutalement à 1 levée//m<sup>2</sup> en 2007 avec une moyenne annuelle de 1.1 levée/an, Ils ont expliqué ce faible résultat par la forte sécheresse durant cette période (2005-2007). Par contre, dans notre cas l'impact de broyage est peu favorable à l'acquisition et au maintien d'une régénération naturelle des pinèdes pour deux raisons :

- 1- les branches portant des cônes qui se trouve sur sol représentent en effet une source de graines supplémentaires qui favorisent l'émergence des semis au moins la première année, c'est-à-dire la présence de rémanents au sol est corrélée avec une plus forte densité de semis pour le crochetage simple, sans doute en raison de l'apport de graines supplémentaire lié aux cônes présents dans les rémanents (**PREVOSTO et al., 2011**) ;
- 2- Le broyage laisse sur le sol une couche de débris organiques qui crée un obstacle pour le contact sol-graine et donc pénalise l'installation des plantules, sans toutefois interdire la reprise de la végétation dont la partie racinaire n'a pas été affectée par le traitement. Il se peut également que certains composés produits par la litière et le broyat au sol exercent une influence négative sur la germination et la croissance des semis par effet allélopathique si le taux des rémanents sur le sol est élevé, si leur nombre dépasse les 10 % (**BONIN et al., 2007**).

b- La densité moyenne du *Tetraclinis articulata* augmente au cours des trois années et passe de 0.4 levée/m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 1.4 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 2.3 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 1.3 levée /m<sup>2</sup>. Elle reste cependant, toujours plus ou moins proche à celle du témoin (1.5 levée/m<sup>2</sup>) et plus faible que le brûlage et le crochetage. Ce qui signifie que cette technique n'est pas favorable pour la régénération du *Tetraclinis articulata*. Ce faible résultat montre le broyage laisse sur le sol une couche de débris organiques qui crée une barrière pour le contact sol-graine et pénalise l'installation des plantules.

c- La densité moyenne du *Juniperus oxycedrus* augmente au cours des trois années passant de 0.1 semis/m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 0.25 semis/m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 0.6 semis/m<sup>2</sup> en Mars 2020 (moyenne annuelle de 0.3 semis/m<sup>2</sup>) ; Elle est cependant égale à celui du témoin, du brûlage et du labour profond mais il est plus ou moins faible par rapport au crochetage (1 levée/an). Ce qui signifie que cette technique n'est que peu favorable pour la régénération du *Juniperus oxycedrus*.

Le broyage laisse au sol une couche de débris organiques qui crée une barrière pour le contact sol-graine et donc pénalise l'installation des plantules, sans toutefois interdire la reprise de la végétation dont la partie racinaire n'a pas été affectée par le traitement. Il se peut également que certains composés produits par la litière et le broyat au sol exercent une influence négative sur la germination et la croissance des semis par effet allélopathique (**BONIN et al., 2007**).

#### **D. Impact du Labour profond sur la densité des essences**

a- La densité moyenne du *Pinus halepensis* augmente au cours des trois années passant de 0.3 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 2 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 3.6 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 (moyenne annuelle de 1.9 semis/m<sup>2</sup>). Cette densité est proche à celle du témoin, du brûlage et du broyage mais il est faible par rapport à celle de crochetage (18.5 levée/an), ce que signifie que cette technique est défavorable à la régénération du *Pinus halepensis*. Ces faibles résultats sont similaires à ceux enregistrés par **BOCIO et al. (2003)** qui ont obtenu une densité moyenne annuelle de 0.1 à 1 levée /m<sup>2</sup> pour le *Pinus halepensis*. Selon, **GUINAUDEAU (1952)**, **ALAOUI (2003)**, **BELGHAZI et al. (2011)** des semis plus profonds résulteraient en des

plantes chétives, des taux de levée faibles, une grande sensibilité à la maladie de pourriture des racines, entraîne la mise en dormance voire le blocage de la germination des semences et une diminution du taux de germination par effet de dilution des semences sur l'épaisseur travaillée.

b- La densité du *Tetraclinis articulata* sous augmente au cours des trois années en passant de 0.4 semis/m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 1.5 semis/m<sup>2</sup> en Mai 2019 et à 2.4 semis/m<sup>2</sup> en Mars 2020, avec une moyenne annuelle de 1.4 semis/m<sup>2</sup>. Ce résultat est identique à celle du témoin et du broyage mais il est inférieur à celle de brûlage (2.8 levée/an) et à celle de crochetage (5.7 levée/an), ce qui signifie que cette technique n'est pas favorable pour la régénération du *Tetraclinis articulata*.

c- La densité moyenne du *Juniperus oxycedrus* augmente au cours des trois années passant de 0.1 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2018, à 0.25 levée /m<sup>2</sup> en Mai 2019 et 0.6 levée /m<sup>2</sup> en Mars 2020 avec une moyenne annuelle de 0.3 levée /m<sup>2</sup>. Elle est cependant égale à celle du témoin, du brûlage et du labour profond mais il est plus ou moins faible par rapport au crochetage (1 levée/an). Ce qui signifie que cette technique n'est que peu favorable pour la régénération du *Juniperus oxycedrus*.

La profondeur de semis sera adaptée en fonction du diamètre de la graine (généralement entre 2 et 3 fois son diamètre). A cette profondeur, une humidité adéquate et une température optimum accéléreront leur germination. Un semis trop profond compromettra la sortie des plants surtout pour les petites graines. Pour cette raison, les techniques culturales simplifiées (T.C.S) et le Travail du sol sans labour (T.S.L), généralement avec semis direct sous couvert végétal ont été développées comme alternatives au labour (MC-LAUGHLIN et MINEAU, 1995 ; A.D.E.M.E, 2007).

## **Conclusion**

Le plan de restauration écologique examiné ici en testant le groupe de techniques du sol et de végétation montre que le crochage du sol est très favorable à l'acquisition et au maintien d'une régénération naturelle (par semis), c'est d'ailleurs un traitement régulièrement pratiqué dans la sylviculture des pinèdes en zone tempérée. Alors que pour le broyage seul la couche de débris au sol limite la régénération tout en créant une surface combustible (efficacité moyenne). Le feu dirigé apparaît aussi un outil intéressant surtout pour *Tetraclinis articulata* vis-à-vis de la régénération par semis à condition d'effectuer un brûlage suffisamment intense. Un feu trop modéré conduit en effet à dynamiser la végétation herbacée notamment et donc à réduire les possibilités d'installation et de survie pour les semis. Le labour profond est un traitement défavorable à la régénération par semis surtout pour *Tetraclinis articulata*.

Enfin, il faut rappeler que l'abondance de la régénération naturelle dépend aussi largement de conditions climatiques favorables (pluviométrie), de la production suffisante de graines par les semenciers et la provenance, celle-ci étant irrégulière dans le temps. C'est la conjonction de ces facteurs avec le travail du sol qui va moduler l'abondance de la régénération. La mise en défens reste l'une des meilleures actions permettant des résultats appréciables sur la régénération de la végétation en général et de la formation végétale forestières en particulier.

## **Conclusion générale et perspectives**

## **Conclusion générale et perspectives**

Les forêts Algériennes jouent un rôle essentiel dans le maintien des ressources naturelles. Elles protègent les réserves d'eau, des sols et régulent le climat. Elles constituent de ce fait, une barrière contre la désertification. La phytodiversité des formations forestières apporte un vaste éventail de bénéfices et de services pour la société. Néanmoins de nos jours les actions de l'homme sur ces structures sont nombreuses et conduisent généralement à leurs destructions. Différentes actions de conservations et de reconstitutions ont été conduites par les instances compétentes sans aboutir aux résultats escomptés. De ce fait, cette contribution vise à mettre le doigt sur les difficultés aussi connexes qui pèsent sur les écosystèmes forestiers en place et proposer des techniques de restauration appropriées.

Compte tenu de la dégradation des forêts des monts de Saida, dont fait partie la forêt de Doui-Thabet- objet de notre étude, notre objectif était d'évaluer, dans un premier temps, l'état de dégradation de cette forêt impactée par la combinaison des facteurs anthropiques et climatiques, et ce, par l'analyse et le diagnostic des structures phytoécologiques et le calcul d'indicateurs d'état de santé de ces écosystèmes. Sur la base des résultats de cette première étape, un dispositif expérimental, pour tester l'apport de certaines techniques de traitement du sol et de la végétation est installé, dans un deuxième temps, pour comprendre le comportement et la dynamique des principales espèces de la forêt.

L'analyse et le diagnostic phyto-écologique des structures et de la composition des écosystèmes de la forêt de Doui- Thabet a montré :

- une fragmentation et un morcèlement avancés des différentes stations qui composent cette forêt. Elle est constituée de 5 cantons séparés par des terrains agricoles ;

- une forte pression humaine et climatique s'exerce sur le milieu et s'expriment par, un indicateur de surpâturage élevé, soit 92.3 %, et un fort indice d'action anthropique égale à 28, avec un indice de déficit fourragèr élevé, soit 96.46 % et indice de perturbation de 60 %.

- une forte thérophytisation de la forêt représentée par un spectre biologique de type : Thérophytes > Hémicryptophytes > Chaméphytes > Phanérophytes > Géophytes et réduction inquiétante des phanérophytes ;

- une forte pression anthropique (coupe, incendie répété, surpâturage) sur les espèces clés de voute composant le fond de cette forêt est représentée par *Pinus halepensis* Mill., *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. et *Juniperus oxycedrus* L., qui sont particulièrement résistantes à la sécheresse et peuvent se développer dans une large gamme de conditions écologiques.

L'analyse des 323 relevés phytoécologiques réalisés dans les différentes stations de la zone étude, met en relief une forte phyto-diversité et une richesse spécifique importante représentée par 344 taxons repartis sur 77 familles et 223 genres.

L'analyse phytogéographique régionale (sectorielle) de la flore montre que cette zone constitue une poche pour le refuge des espèces végétales pour s'adapter aux changements climatiques (zone refuge). Cette zone renferme 31 taxons rares, 25 endémiques, 9 protégés et 6 orchidées (cités pour la première fois dans cette zone et dans la flore de la région). Il convient aussi de noter l'existence *Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó qui est une espèce protégée par l'U.I.C.N, en plus de deux orchidées rares et deux endémiques.

L'analyse des données des différentes techniques de traitements du sol et de la végétation appliqués pour faciliter la régénération des cinq espèces clés de voute retenues, permet de constater que :

- l'efficacité de semis varie selon les espèces et les techniques de restauration, il est élevé pour *Pinus halepensis*. Elle est moyenne pour *Tetraclinis articulata* et faible pour *Juniperus oxycedrus*.

- au fur et à mesure du développement des plants, le crochetage et le brûlage se révèlent être les traitements les plus favorables pour la régénération des espèces pionnières de la forêt de Doui Thabet.

- le crochetage semble être le traitement le plus favorable pour la régénération des essences pionnières de cette forêt (une densité cumulée finale de 34.5 levée/m<sup>2</sup> pour *Pinus halepensis* ; 11 levée/m<sup>2</sup> pour *Tetraclinis articulata* ; 1.8 levée/m<sup>2</sup> pour *Juniperus oxycedrus* ; Ce traitement, permet en effet, d'offrir sol nu et un bon contact entre le sol et la graine et permet ainsi, une meilleure germination. La décompaction du sol permet aussi un enracinement plus facile et un meilleur approvisionnement en eau facilitant la croissance et la survie des semis.

- le brûlage permet une repousse importante de ces espèces surtout pour *Tetraclinis articulata*, en particulier en 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> année, (une densité cumulée finale de 3.5 levée/m<sup>2</sup> pour *Pinus halepensis* ; 4.9 levée/m<sup>2</sup> pour *Tetraclinis articulata* ; 0.6 levée/m<sup>2</sup> pour *Juniperus oxycedrus*). Il crée des conditions favorables à la croissance sur un sol cendré fortement enrichi en nutriments et limite les températures excessives, en augmentant les réserves en eau du sol, et en créant un microclimat favorable à la germination et à la croissance des plantes.

- le broyage mécanique de la végétation reste également un traitement modérément favorable à la régénération (une densité cumulée finale de 3.5 levée/m<sup>2</sup> pour *Pinus halepensis* ; 2.3 semis/m<sup>2</sup> pour *Tetraclinis articulata* ; 0.6 semis/m<sup>2</sup> pour *Juniperus oxycedrus*). La pratique du broyage est bénéfique pour la reconstitution des sols, la récupération biologique de la végétation et le repeuplement des zones dénudées.

- le traitement en profondeur du sol (labour profond) semble peu propice à la régénération (une densité cumulée finale de 3.6 levée/m<sup>2</sup> pour *Pinus halepensis* ; 2.4 levée/m<sup>2</sup> pour *Tetraclinis articulata* ; 0.6 levée/m<sup>2</sup> pour *Juniperus oxycedrus*). Les labours profonds sont des perturbateurs de germinations et de levée et exerce une très forte pression de sélection sur les

espèces faiblement dormantes et à courte durée de vie dans le sol. Ils engendrent en outre, la destruction de la matière organique et la détérioration de la structure des sols.

Cette étude montre que la forêt de Doui Thabet offre un grand potentiel phytoécologique très riche en espèces végétales, endémiques, rares et d'un grand intérêt socio-économique. Ce patrimoine national mérite une attention particulière pour sa préservation et sa protection pour les futures générations. D'autres techniques et méthodes de régénération peuvent être testées et la liste des espèces utilisées dans ces traitements peut aussi inclure d'autres espèces de second importance, mais aussi importantes, telles que le *Quercus coccifera*, *Olea europaea*, *Phillyrea*, *Calicotome spinosa*, *Stipa tenacissima*, *Pistacia lentiscus* ...etc

## **Références Bibliographiques**

## Références Bibliographiques

1. **AAFI, A. 2003.** Richesse et diversité floristique du Parc National de Talassemtane. *Revue du Muséum d'Histoire Naturelle de Marrakech : Naturalia Marocana*, 1 (1) : 45-48.
2. **AAFI, A., BENABID, A. et MACHROUH, A. 1997.** Etude Et Cartographie Des Groupements Végétaux Du Parc National De Talassemtane. *Ann. Rech. For. Maroc*, 30 (1) : 62-73.
3. **ACHERAR, L. 1981.** La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans les basses garrigues du Montpelliérais. Thèse de doctorat 3ème cycle, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 210 p.
4. **ACHERAR, L., LEPART, J. et DEBUSSCHE, M. 1984.** La colonisation des friches par le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) en Languedoc méditerranéen. *Acta Oecologica*, 5 (2) : 179-189.
5. **A.D.E.M.E (AGENCE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE-FRANCE). 2007.** Assessment of the environmental impact of non-inversion tillage methods in France. Rapport. 169 p.
6. **AIDOUD, A. 1983.** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du Sud Oranais. Thèse 3eme cycle, USTHB, Alger, 255p
7. **AIDOUD, A. 1983.** Contribution à l'étude des écosystèmes steppiques du sud Oranais : phytomasse, productivité primaire et application pastorale. Thèse 3e cycle, USTHB., Alger.
8. **AIDOUD, A. 1989.** Les écosystèmes pâturés des hautes plaines Algéro-oranaises. Fonctionnement, évaluation, et évolution des ressources végétales. Thèse doct. État, Université des Sciences et Technologies H. Boumediène, Alger.
9. **AIDOUD, A. 1996.** La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima* L), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7, 187-93.
10. **AIDOUD, A., LE FLOC'H, E. et LE HOUÉROU, H.N. 2006.** Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17: 19-30.
11. **AÏT RADI, A. 1979.** Multiplication par voie vegetative et par semis de *Pistacia atlantica* Desf et *Ailantus altissima*. Mémoire d'ingenieur INA. 40 p.
12. **AITKEN, S.N., YEAMAN, S., HOLLIDAY, J.A., WANG, T. and CURTIS-MCLANE, S., 2008.** Adaptation, migration or extirpation : climate change outcomes for tree species. *Evol. Appl*, 1(1): 95-111.
13. **AKMAN, R et DAGET, P. 1971.** Quelques aspects synoptiques des climats de la Turquies. *Bull. Sic. Long. Georg*, 5 (3), 269-300.
14. **ALAOUI, C. 2003.** Guide des engrais et de la fertilisation. Meknès, Maroc, École nationale d'agriculture, 326 p.
15. **ALCARAZ, S. 1969.** Etude géobotanique du pin d'Alep dans le Tell oranais. Thèse de sp. Univ. Montpellier. 183p.
16. **AMAROUCHE, A. 1988.** Contribution à l'étude phytoécologique et pastorale de quelques facies présahariens du sud Algérois. D E S. USTHB Alger ; 67p.

17. **AMMARA KHOUDJA, M. 1986.** Etude de la dynamique de la végétation du maquis dans la région de Mechtras (Grande Kabylie), mémoire ingénieur, ENSA, El Hrache, Algérie, 1-71.
18. **ANDERSON, Y.M., CATTERALL, S., CORLETT, R.T., ENGEL, R.T., GOSPER, T., NATHAN, C.R. 2016.** Management of plants invasions mediated by frugivore interactions. *Journal of applied Ecology*, 43 (5) : 848-857.
19. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y. and HASNAOUI, O. 2018.** Diagnostic phytoécologique de la forêt domaniale de Doui Thabet. Séminaire international. Université de Constantine. 22-23/02/2018.
20. **AOUADJ, S.A., HASNAOUI, O. and NASRALLAH, Y. 2020.** Ethnobotanical Approach and Floristic Inventory of Medicinal Plants in the Doui Thabet Region (Saida-Western Algeria). *PhytoChem & BioSub Journal*, 14 (1) : 92-104.
21. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y. and HASNAOUI, O. 2020.** Ecological characterization and evaluation of the floristic potential of the forest of Doui Thabet (Saida Western Algeria) in the context of the restoration. *Eco. Env. & Cons.* 2020, 26 (1). 266-278.
22. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y. and HASNAOUI, O. 2020.** Note on the orchids of mounts of Saida (Saida Western Algeria) in the context of the restoration. *Eco. Env. & Cons*, 26 (2) : 37-45.
23. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y. and HASNAOUI, O. 2020.** Regional phytogeographic analysis of the flora of the Mounts of Saida (western Algeria): evaluation-restoration report. *Biodiversity Journal*, 11 (1). 25–34.
24. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y., HASNAOUI, O. and KHATIR, H. 2020.** Impacts of anthropogenic pressure on the degradation of the forest of Doui Thabet (Saida, Western Algeria) in the context of the restoration. *Acta scientifica naturalis*, 7 (2) : 68-78.
25. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y., HASNAOUI, O. and KHATIR, H. 2020.** Impact of ecological restoration techniques on the dynamics of degraded ecosystems of the mounts of Saida: Case of the forests of Doui Thabet (West Algeria). *Acta scientifica naturalis*, 7 (2) : 68-77.
26. **AOUADJ, S.A., NASRALLAH, Y., HASNAOUI, O. and KHATIR, H. 2020.** Rare, endemic and threatened flora of the mounts of saida (western algeria). *Agrobiologia*, 11 (2): 45–57.
27. **ARIANOUTSOU, M. 1984.** Post-fire successional recovery of a phrygianic (east Mediterranean) ecosystem. *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum*, 5 (1) : 387-394.
28. **ARONSON, J. 2002.** Improving academic achievement: Impact of psychological factors in education. SanDiego, Academic Press.
29. **ARONSON, J. and ALEXANDER, A. 2013.** Ecosystem Restoration is Now a Global Priority: Time to Roll up our Sleeves. *Restoration Ecology*, 21 (3) : 293–296.
30. **ARONSON, J., FLORET, C., LE FLOC'H, E., OVALLE, C. et PONTANIER, R. 1995.** Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. In : Pontanier R, M'hiri A, Aronson J, Akrimi N, Le Floc'h E, eds. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?. Montrouge : John Libbey Eurotext, 1995.
31. **ARONSON, J., FLORET, C., OVALLE, C. and PONTANIER, R. 1993.** Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology*, 1 (1) : 8-17.

32. **AUCLAIR, L., GUBRY, P., PICOUET, M. and SANDRON, F. 2001.** Régulations démographiques et environnement : actes des 6 emes journées démographiques de l' ORSTOM. Les études du CEPED n° 18. Paris, IRD, CEPED and LPE. 290.
33. **AUSTAD, F et SKOGEN, R. 1990.** Jinper field in Sogn, Western Norway, a man-made vegetation type. *Nord. J. Bot.* 9 (1) : 665-683.
34. **B.N.E.D.E.R. 1992.** Etude du développement agricole dans la wilaya de Saida. Rapport final et documents annexes. 297 pp
35. **B.N.E.D.E.R. 1992.** Etude du développement agricole dans la wilaya de Saida. Rapport final et documents annexes. 1-25.
36. **BABALI, B. 2014.** Contribution à une étude phytoécologique des monts de Moutas (Tlemcen- Algérie occidentale) : Aspects syntaxonomique, biogéographique et dynamique. Thèse Doct. Université de Tlemcen. 160p
37. **BABALI, B., HASNAOUI, A. and BOUAZZA, M. 2013.** Note on the Orchids of the Moutas Hunting Reserve, Tlemcen (western Algeria). *J. Life Sci.*, 7: 410-415.
38. **BADRI, W., SAVOIE, J.M. et GAUQUELIN, T. 1997.** Essais de germination de graines de Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) des Atlas. In: T. Gauquelin, J.-F. Asmode & G. Largier (eds), 2000. Le Genévrier thurifère (*Juniperus thurifera*L.) dans le bassin occidental de la Méditerranée: systématique, écologie, dynamique et gestion. Actes du colloque international de Marignac (Haute-Garonne, France), 26 et 27 septembre 1997. Paris, ONF, coll. «Les dossiers forestiers» 6: 144-147.
39. **BAGNOULS, H et GAUSSEN, F. 1955.** Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 193-239 pp.
40. **BANGIRINAMA, F., 2010.** Processus de la restauration écosystémique au cours de la dynamique post-culturelle au Burundi : mécanismes, stratégies et séries écologiques. Editions Universitaires Européennes, Berlin, 220 p.
41. **BARBERO, M et QUEZEL, P. 1990.** La déprise rurale et ses effets sur les superficies forestières dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Bull. soc. lin. Prov.*, 41 (1) : 77-87.
42. **BARBERO, M., LOISEL, R., MEDAIL, F. et QUEZEL, P. 2001.** Signification biogéographique et biodiversité des forêts du bassin méditerranéen. *Bocconea*, 13 : 11-25.
43. **BARBERO, M., QUEZEL, P. and LOISEL, R. 1990.** Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne*, 12 (1) : 194-215.
44. **BARRY, J.P., CELLES, J.C. et FAUREL, L. 1974.** Carte international du tapis végétal. Ech : 1/1000000. Alger. 1 carte.
45. **BASNOU, C., VICENTE, P., ESPELTA, J.M. et PINO, J., 2016.** Of niche differentiation, dispersal ability and historical legacies : what drivers woody community assembly in recent mediterranean forests? *Oikos*, 125 (1) : 107-116.
46. **BATTANDIER, J.A. 1888-1890.** Flore de l'Algérie, ancienne flore d'Alger transformée, contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'à ce jour comme spontanées en Algérie et catalogue des plantes du Maroc : Dicotylédones. Alger, Typographie Adolphe Jourdan, Imprimeur-Libraire-éditeur & Paris, Librairie F. Savy.
47. **BATTANDIER, J.A. 1910.** Flore de l'Algérie : Supplément aux phanérogames. Paris, librairie des sciences naturelles, Paul Klincksieck, Editeur. Alger, imprimerie agricole et commerciale.

48. **BATTANDIER, J.A. and TRABUT L.C. 1895.** Flore de l'Algérie, contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'à ce jour comme spontanées en Algérie et catalogue des plantes du Maroc : Monocotylédones. Alger, Adolphe Jourdan, Libraire-éditeur, Imprimeur-Libraire de l'académie.
49. **BATTANDIER, J.A. and TRABUT L.C. 1902.** Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie. Alger, veuve Giralt, imprimeur-éditeur
50. **BECQUEREL, P. 1907.** Recherches sur la vie latente des graines. Université d'Indiana, Éditeur Masson. 311 p.
51. **BEDIA, J., HERRERA, S., CAMIA, A., MORENO, J.M. and GUTIERREZ, J.M. 2014.** Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios. *Climatic change*, 122 (1-2) : 185-199.
52. **BEGHAMI, Y., VELA, E., DE BELAIR, G. et THINO, M. 2015.** Contribution à la connaissance des orchidées de l'Aurès (N-E. de l'Algérie) : inventaire, cartographie, taxinomie et écologie. *Revue d'écologie (la Terre et la Vie)*, 70 (4) : 354-370.
53. **BELGHAZI, B., NAHIDI, A. et BELGHAZI, T. 2011.** Semis et plantations dans la forêt de la Maâmora. *Forêt Méditerranéenne*, 32 (3) : 301 – 314.
54. **BENABADJI N., BENMANSOUR D. ET BOUAZZA M. (2007).** La flore des monts de Ain Fezza dans l'Ouest Algérien, biodiversité et dynamique. *Science et Tcehnologie*. 26 : 47-59.
55. **BENABADJI, N, BOUAZZA, M, METGE, G, LOISEL, R. 1996.** Description et aspects des sols en roegionsemi-aride et aride au sud de Sebdou (Oranie-Algérie). *Bulletin Institut Sciences (Rabat)*, 20 (1) :77-86.
56. **BENABDELI, 1983.** Mise au point d'une méthodologie d'appréciation de la pression anthropozoogène sur la végétation dans le massif forestier de Télagh (Algérie). Thèse Doc. Sp. Aix Marseille III.
57. **BENABDELI, K. 1996.** Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers face à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale. Thèse de doctorat ès Sciences. UDL, 356p
58. **BENABDELI, K., BELGHERBI, B., BENGUERAI, A. et YEROU. H. 2015.** Apport des matrices de gestion des risques à la restauration écologique des écosystèmes dégradés en Algérie : Cas des monts de Beni-chougrane, Mascara – Algérie. *Ecologie et Environnement, Université de Tiaret*, 11 (1) : 20-35.
59. **BENABID, A., 1977.** Etude sylvo-pastorale de la tétraclinaie de l'Amisittène (Maroc). *ECO Medit*, 3 (1) : 125-129.
60. **BENAMIROUCHE, S. 2006.** Les reboisements : Bilan et analyses des reboisements en Algérie : Les reboisements en Algérie de 1962-2020 : constitution d' une base de données, bilan et analyses. Mémoire de Magsiter. INA, 200 p.
61. **BENEST, M., BENSALAH, M., BOUABDELLAH, H., OUARDAS, T. 1999.** La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcénien (Avant pays Tellien d'Algérie occidentale): Stratigraphie, paléoenvironnement, dynamique sédimentaire et tecto-genèse alpine. *Bulletin du service géologique de l'Algérie*, Vol.10, No2.
62. **BENSAID, S. 1998.** La question du reboisement en Algérie. *Sécheresse*, 1(9) : 5-11.
63. **BESSAID, F., HASNAOUI, O., BABALI, B. and AOUADJ, S.A. 2020.** Post-fire regeneration of cork Oak and holm Oak at Tlemcen National Park (Western Algeria). *Biodiversity Journal*, 46 (4) *in press*.

64. **BERRAR, D. et N. BOUGUEDOURA. 2000.** Essais de germination de l'olivier de Laperrine (*Olea laperrini* Batt. et Trab.). Actes du séminaire international, Djanet (Algérie) : 100–105.
65. **BESTAOU, KH. 2001.** Contribution à une étude syntaxonomique et écologique des Matorrals de la région de Tlemcen. Th. Magistère en biologie. Ecol. Vég. Dép. Bio. Fac. Sci. Univ. Abou Bakr Belkaïd. Tlemcen. 184 p + annexes.
66. **BLONDEL, J. 1979.** Biogéographie et écologie. MAsson éd., Paris, 173 pp
67. **BLONDEL, J., ARONSON, J., BODIOU, JY. and BOEUF, G. 2010.** The Mediterranean region, biodiversity in space and time. New York, Oxford University Press, 376 pages.
68. **BOCIO, I., NAVARRO, FB., RIPOLL, MA., JIMÉNEZ, MN. and De SIMÓN, E. 2003.** Holm oak (*Quercus rotundifolia* Lam.) and Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) response to different soil preparation techniques applied to forestation in abandoned farmland. *Ann. For. Sci. INRA, EDP Sciences*, 61 (1) : 171–178
69. **BONIN, G., BOUSQUET-MELOU, A., LELONG, B., VOIRIOT, S., NOZAY, S. and FERNANDEZ, C. 2007.** Expansion du pin d'Alep. Rôle des processus allélopathiques dans la dynamique successione. *For. Médit*, 3 (1) : 211-218.
70. **BOTTNER, 1981.** Evolution des sols et conditions climatiques méditerranéenne. *Ecologia Mediterranea*. Tome VIII. Fasc.1/2 Marseille. 115-1324.
71. **BOUAZZA, M. and BENABADJI, N. 2002.** Contribution à l'étude du cortège floristique de la steppe au sud d'El Aricha (Oranie- Algérie). *Sci. Thechn.* n° spécial :11-19.
72. **BOUDJADJA, A. and MESSAHEL, M. 2003.** Assessment of Water Resources in Northern Algeria. *Revue des sciences de l'eau, Rev.Sci. Eau*, 16 (3) : 265-304.
73. **BOUDY, P. 1948.** Economie forestière Nord Africaine. I - Milieu physique et humain, I vol' 686.p. Larose, Patis.
74. **BOUDY, P. 1950.** Economie forestière Nord Africaine. Tome II : Monographies et traitement des essences forestières. Fasc. 2 : Monographie et traitement du thuya de berbérie. Paris, Larousse, 707-739.
75. **BOUDY, P. 1955.** Economie forestière Nord Africaine. Tome IV ; Edition Larose, Paris, 199 p.
76. **BOUDY, P.1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris, La maison rustique, xi + 505 p.
77. **BOUGAHAM, A.F., BOUCHIBANE, M. and VELA, E. 2015.** Inventaire des orchidées de la Kabylie des Babors (Algérie) : Eléments de cartographie et enjeux patrimoniaux. *J. Eur. Orch*, 47 (1): 88-110.
78. **BOUGUENA, S. 2011.** Diagnostic écologique, mise en valeur et conservation des pinaies de (*Pinus halepensis* Miller) de la région de Djerma (Nord-est du parc national de Belezma, Batna). Thèse magister. ENSA, El Harache. 1-31.
79. **BOUKEHILI, K., BOUTABIA, L., TELAILIA, S., MENAA, M., TLIDJANE, A., MAAZI, M.C., CHEFROUR, A., SAHEB, M. and VELA, E. 2018.** Les Orchidées de la région de Souk-Ahras (Nord-Est algérien) : inventaire, écologie, répartition et enjeux de conservation. *Revue d'Ecologie (la Terre & la Vie)*, 73 (2) : 167-179.
80. **BOURAHLA, A. and GUITTONNEAU, G. 1978.** Nouvelles possibilités de régénération des nappes alfatières en liaison avec la lutte contre la désertification. *Bulletin de l'Institut d'Ecologie Appliquée d'Orléans*, 1 (1) : 19-40.

81. **BOUVET, A. and JOSEPH, G. 2014.** L'Orchis papillon (*Anacamptis papilionacea* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon and M.W. Chase): une nouvelle plante suivie en Haute-Garonne. Présentation de l'espèce et bilan de l'année 2014. *Isatis* n°14 (2014).
82. **BOUZILLE, J. B. 2007.** Gestion des habitats naturels et biodiversité : concepts, méthodes et démarches. Lavoisier, Paris, 331 p.
83. **BOUZZA, A. 1990.** Water conservation in wheat rotations under several management and tillage systems in semiarid areas. PhD. Dissertation, University of Nebraska, Lincoln, NE USA 200p.
84. **BRAUN-BLANQUET, J. 1932.** Plant Sociology: The Study of Plant Communities. Mc Graw Hill, New York.
85. **BROCHIERO, F., CHANDIOUX, O., RIPERT, C. et VENNETIER, M. 1999.** Autecologie (1) et croissance du pin d'alep en provence calcaire. *Forêt méditerranéenne*, 10 (2) : 83-94.
86. **BROOKS, J.R., FLANAGAN, L.B. and EHLERINGER, J.R. 1998.** Responses of boreal conifers to climate fluctuations : indications from tree-ring widths and carbon isotope analyses. *Can. J. For. Res*, 28 (1) : 524-533.
87. **BRUN, J.J., CLUZEAU, D., TREHEN, P. et BOUCHE, M.B. 1987.** Biostimulation : perspectives et limites de l'amélioration biologique des sols par stimulation ou introduction d'espèces lombriciennes. *Écologie et Biologie du Sol*, 24 (1) : 685-701.
88. **BUGGE, M.M., HANEN, T. and KLITKOU, A, 2016.** What is the bioeconomy? A review of the literature. *Sustainability*, 8 (7) : 691.
89. **C.C.T. 1999.** Cours de télédétection du Centre canadien de télédétection (C.C.T). CCT, Canada, 1-20.
90. **CAKOVA, V. 2013.** Contribution à l'étude phytochimique d'orchidées tropicales : Identification des constituants d'*Aerides rodea* et d'*Acampe rigida*. Techniques analytiques et préparatives appliquées à *Vanda coerulea* et *Vanda teres*. Thèse doctorat, Université de Strasbourg, 2-3 p.
91. **CALLAGHAN, T.V., BJÖRN, L.O., CHAPIN, S., CHERNOV, Y., CHRISTENSEN, T.R., IMS R., JOHANSON, M., RIEDLINGER, D.J., MATVEYEVA, N., OECHEL, W., PANIKOV, N. and SHAVER, G. 2005.** Arctic Tundra and Polar Desert Ecosystems In Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press, Londres, 243p-352p.
92. **CASAL, M. 1987.** Post-fire dynamics of shrublands dominated by Papilionaceae plants. In : Influence of Fire on the Stability of Mediterranean Forest Ecosystems. *Ecologia Mediterranea*, 13 (1) : 87-98.
93. **CASENAVE, A et VALENTIN, C. 1989.** Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration. La base de ressources documentaires de l'IRD, France. Editions de l'ORSTOM. 212.
94. **CAVANAGH, A.KK. 1987.** Germination og hard-seeded species (orders fanles). In Germination of Australian Native plant seed. P. Langkamp, ed. Inkata press, Melbourne.
95. **CF. 2019.** Fascicule de gestion de la forêt domaniale de Doui Thbet. non paginé.
96. **CHAABANE, A 1993.** Etude de la végétation du littoral septentrional de Tunisie: Typologie, Syntaxonomie, et éléments d'aménagement. Thèse. Doctorat. Es-sciences en Ecologie. Uni. Aix-Marseille III; 205P+annexes

97. **CHABANE, A 1982.** Les pelouses naturelles de khroumirie (Tunisie) : Typologie et production de biomasse. Thèse présentée à la Faculté des Sciences et Techniques St Jerome (Université d'Aix Marseille- France). 58- 59.
98. **CHUINE, I., THUILLER, W. and MORIN, X., 2004.** Impacts of climate change on populations and species distributions. Pages 1–6 en G.A. O'Neill and J.D. Simpson, éditeurs. 2004. Climate change and forest genetics. Proc. 29th Meet. Can. Tree Improv. Assoc., Kelowna (C.-B.), 26-29 juill. 2004. [en ligne] <<http://dsp.psd.pwgsc.gc.ca/Collection/Fo1-16-2004E2.pdf>>, consulté le 1er nov. 2007.
99. **CLEMENS, JO., JONES, P. J. and GILBERT, N. H. 1977.** Efficacy of seed treatments on germination in *Acacia*. *AustJ. Bot*, 25 (1) : 269-276.
100. **CLEWELL, A. F. ET ARONSON, J. 2010.** Restauration écologique. Actes Sud, 310 p.
101. **CLOTET, M., BASNOU, C., BAGARIA, G. and PINO, J. 2016.** Contrasting historical and current land use correlation with diverse components of current alien plant invasions in Mediterranean habitats. *Biological invasions*, 18 (10) : 2897- 2909.
102. **COE, M.O. and COE, C. 1987.** Large herbivores, *Acacia* trees and bruchid beetles. *South African Journal of Science*, 83 (1) : 624-635.
103. **COME D.1970.** Les obstacles à la germination, Edition Masson et Cie, 162 p.
104. **COSSON, E. 1856.** Rapport sur un voyage botanique en Algérie de Philippeville à Biskra et dans les monts Aurès. Extrait des Annales des Sciences naturelles, 4ème série, tome IV. Paris librairie de Victor Masson.
105. **COSSON, E. 1880.** Flore des états Barbaresques, Algérie, Tunisie et Maroc : Volume 1 (1ère partie : Histoire et géographie avec cartes). Paris.
106. **CRISTIANO, G., CAMPOSEO, S., FRACCHIOLLA, M., VIVALDI, G.A., DE LUCIA, B. and CAZZATO, E. 2016.** Salinity Differentially Affects Growth and Ecophysiology of Two Mastic Tree (*Pistacia lentiscus* L.) Accessions. *Forests*, 7 (1) : 156.
107. **CRISTOFOLI, S. et MAHY, G. 2010.** Restauration écologique : contexte, contraintes et indicateurs de suivi. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 14(1) : 203-211.
108. **CURTE, T., ADRA, W. and BORGIENT, L. 2009.** Fire-driven Oak regeneration in French Mediterranean ecosystems. *Forest Ecology and Management*, 258 (1) : 2127-2135.
109. **D.P.A.T, 2009.** Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Saida, Phase 1 : Evaluation Territoriale. Rapport ministère, 147 p.
110. **D.R.E.F (DIRECTION REGIONALE DES EAUX ET FORETS). 2002.** Thuya : importance écologique et économique. *Terre et Vie*, 52 (1) : 1-4.
111. **D.A.E.S. 2009.** Population ageing and development 2009 : New York, USA. Division de la population. 2pp.
112. **DAGET, P. 1980.** Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégies adaptatives (cas des thérophytes). Actes du colloque d'écologie théorique, E.N.S. Paris: 287 p.
113. **DAGET, Ph. et Poissonnet J. 1971.** Une méthode d'analyse phytologique des prairies. *Annales Agronomiques*, 22 (1) : 5-41.
114. **DAHMANI, A. 1997.** Le chene vert en Algérie, Syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements. Thèse doctorat, Université H. Boumediene, Alger, 383 p.
115. **DAJOZ, R.1971.** Précis d'écologie. Compte rendu. *Revue Géographique de l'Est*, 12 (4) : 1-445.

116. **DANIN, A. and ORSHAN, G. 1990.** The distribution of Raunkiaer life forms in Israel in relation to the environment. *J. Veg. Sci.* 1 (1) : 41-48.
117. **DE BLAIRE, G., VELA, E. and BOUSOUAK, R. 2005.** Inventaire des Orchidées de Numidie (NE Algérie) sur vingt années. *J. Eur. Orch.* 37 (1) : 291-401.
118. **DE MONTGOLFIER, J. 1986.** Les forêts méditerranéennes et leur aménagement : Le problème des incendies - Les causes. *Forêt méditerranéenne*, 13 (1) : 49-60.
119. **DELFORGE, P. 2005.** Guide des orchidées d'Europe, d'Afrique du Nord et du Proche Orient. 3ème édition. Delachaux et Niestlé, Paris.
120. **DERRIDJ, A., BOUGHANEM, K. et SAADI, F. 2000.** Etude de la biométrie et de la germination des graines et des amandes de l'arganier de Tindouf (*Argania spinosa* L.). Actes du séminaire international, Djanet (Algérie).
121. **DEVILLERS, P. and DEVILLERS-TERSCHUREN, J. 1994.** Essai d'analyse systématique du genre ophrys. *Natural Belges*, 75 (1) : 273-400.
122. **D.G.F. 1990.** Superficie, potentialités et bilan d'incendies des forets algériennes.
123. **D.G.F. 2004.** Document de projet d'appui au plan d'action national. Algérie PNUD/UNSO. DGF/Algérie, 1-10.
124. **D.G.F. 2017.** Document de projet d'appui au plan d'action national. Algérie PNUD/UNSO. DGF/Algérie, 20-41.
125. **D.H.W. 2009.** Inventaire des potentialités hydriques de la wilaya. Rapport.
126. **DJEBAILI, S. 1978.** Recherche phytosociologique et phytoécologique sur la végétation des hautes plaines steppiques de l'Atlas saharien algérien. Thèse Doct. Univ. Sci. Lanquedoc, Montpellier.
127. **DJEBAILI, S. 1984.** Steppe algérienne, phyto-sociologique et écologie, Off. Publ. Univ., Alger, 178 p. et annexes.
128. **DJEBBOURI, M. and TERRAS, M. 2019.** Floristic diversity with particular reference to endemic, rare, or endangered flora in forest formations of Saida (Algeria). *International Journal of Environment Studies*, 11 (1) :1-8.
129. **DJELLALI, N, BILLES, G, BOUNAGA, N. et LOSSAINT, P. 1985.** Étude de l'activité biologique des sols de la steppe à alfa d'Algérie. Minéralisation du carbone et de l'azote. *OecolPlant*, 6 (1) :289-307.
130. **DOBIGNARD, A. and CHATELAIN, C. 2010-2013.** Index synonymique et bibliographique de la flore d'Afrique du Nord (5 volumes). Consultable sur <http://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php?langue=fr>.
131. **DOBLAS-MIRANDA, E., MARTINEZ-VILALTA, J., LIORET, F., AVAREZ, A., AVILA, BONET, F.J. and BROTONS, L. 2017.** Reassessing global change research priorities in mediterranean terrestrial ecostems : how far have we come and where do we go from here ? *Global Ecology and Biogeography*, 24 (1) : 25-43.
132. **DOGAN, Y., BASLAR, S., AYDIN, H. and MERT, H.H., 2003.** A study of the soil-plant interactions of *Pistacia lentiscus* L. distributed in the western Anatolian part of Turkey. *Acta Bot. Croat*, 62 (1) : 73-88.
133. **DONADIEAU, P. 2002.** Les références en écologie de la restauration, *Revue Ecologique (Terre Vie)*, 9 (1) : 109- 120.
134. **DSA 2019.** Bilan technique et statistique annuel du secteur de l'année 2019 de la wilaya de Saida. Service des statistiques. 1-10.

135. **DURAN, J. H. 1954.** Les sols d'Algérie. *Annales de géographie*. 341 (1) :. 56-58
136. **EGAN, D., and HOWELL, E.A. 2001.** The Historical Ecology Handbook: a Restorationist's Guide to Reference Ecosystems. Island Press, Washington. D. C., USA
137. **EL ALAOUI EL FELS, M.A. et ROQUES, A. 2006.** Guide d'identification franco-arabe des ravageurs des cônes et des graines des résineux autochtones du Haut Atlas occidental. El Watanya, Marrakech, 66 p
138. **EL ALAOUI EL FELS, M.A. et ROQUES, A. 2007.** Les arthropodes associés aux galbules et aux graines des genévriers autochtones dans la partie sud du bassin méditerranéen. In: Proceedings 3rd International Conference on Juniperus thurifera. Soria, Spain, 2427 mai 2006: 437-446.
139. **EL HAMROUNI, A. 1978.** Etude phytosociologique et problèmes d'utilisation et d'aménagement dans les forêts de pin d'Alep de la région de Kasserine. Thèse Doct. Ing. Fac. Sc. et Tech. St. Jérôme - Université Aix-Marseille III. p. 106.
140. **EL HAMROUNI, A. 1992.** Végétation forestière et pré forestière de la Tunisie. Typologie et élément pour la gestion. Thèse d'état, Univ Aix Marseille III. 220 p
141. **EL WAHIDI, F. and EL ALAOUI EL FELS, A. 2013.** Contribution to the production normalization of high quality seedlings of endemic forest specie in the High Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen). *Ecologia mediterranea*, 39 (1) : 201-208.
142. **EL WAHIDI, F. and EL ALAOUI EL FELS, M.A. 2013.** Contribution to the production normalization of high quality seedlings of endemic forest specie in the High Atlas (*Cupressus atlantica* Gaussen). *Ecologia mediterranea*, 39 (1) :209-216.
143. **EL WAHIDI, F., EL ALAOUI EL FELS, A., EL MERCHT, S., ABOU, SY., EL WAHIDI, A., ROMANE, A. and ROQUES, Y. 2013.** Contribution to the improvement of germination among a forest endemic of Morocco, the Atlas cypress. *Ecologia mediterranea*, 39 (1) : 201-208.
144. **EMBERGER, L. 1930.** La végétation de la region méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétatux. *Gén Bot*, 42 (1) : 641-662.
145. **EMBERGER, L. 1930-45.** Une classification biogéographique des climats. *Trav. Lab. Bot., Fac. Sci., Montpellier*, 7 (1) :3-43.
146. **EMBERGER, L. 1939.** Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique. *Bull. SX. Hist. Nat. Toulouse*, 77 (1) : 97-124.
147. **EMBERGER, L. 1942.** UN projet de classification des climats dupoints de vue phytogéographique. *Bull.Soc.His Nat. Toulouse*. 77 (1) : 77-124.
148. **EUGENIO, M., FRANCISCO, L., VERKAIK, I. and ESPELTA, J.M. 2006.** Recruitment and growth decline in *Pinus halepensis* populations after recurrent wildfires in Catalonia (NE Iberian Peninsula). *Forest Ecology and Management*, 231(1-3):47-54.
149. **EWING, B., A. REED, A. GALLI, J. KITZES, and M. WACKERNAGEL. 2010.** Calculation Methodology for the 2010 National Footprint Accounts. Oakland: Global Footprint Network.
150. **FAO. 2001.** Etude prospective du secteur forestier en Afrique (FOSA), Algérie. 1-12.
151. **FAO. 2016.** Situation des forêts du monde. Rapport sur les forêts africaines : une vision pour 2020. Division de l'information. FAO. Rome. Italie.
152. **FAO. 2018.** État des forêts méditerranéennes. Publié par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et le Plan Bleu, Centre d'activités régionales du Plan

d'Action pour la Méditerranée du Programme des Nations Unies pour l'Environnement. FAO. Rome, Italie. 363 p.

153. **FENNANE, M., IBN TATTOU, M., MATHEZ, J., OUYAHYA, A. and EL OUALIDI, J. 1999.** Flore Pratique Du Maroc ; Manuel De Détermination Des Plantes Vasculaires, Vol. 1. Trav. *Inst. Sci., Rabat, Sér. Botanique*. 36: 558.

154. **FERCHICHI, A. 1994.** Prospection caryologique de la famille des Poaceae en Tunisie steppique. *Acta botanica Gallica: bulletin de la Société botanique de France* 141 (3):327-341.

155. **FERCHICHI, A. 1999.** Les parcours de la Tunisie pré-saharienne : Potentialités, Etat de désertification et problématique d'aménagement. *Options Méditerranéenne*, 39 (1) : 137-141.

156. **FISCHER, H.; HUTH, F.; HAGEMANN, U. and WAGNER, S. 2012.** Developing Restoration Strategies for Temperate Forests Using Natural Regeneration Processes (Chapter 6). Published at Stanturf BA's Book: Restoration of Boreal and Temperate Forests.

157. **FISCHER, S.F., POSCHLOD, P. and BEINLICH, B., 1999.** Experimental Studies on the Dispersal of Plants and Animals on Sheep in Calcareous Grasslands. *J. Appl. Ecol*, 33 (1) : 1206–1222.

158. **FLORET, C. 1981.** The effects of protection on steppe vegetation in the Mediterranean arid zone of southern Tunisia. *Vegetation*, 46: 117-129.

159. **FLORET, C. et PONTANIER, R. 1982.** L'aridité en Tunisie présaharienne: Climat - sol - végétation et aménagement. Travaux et Documents, ORSTOM, n°150, Paris.

160. **FRANK, D. A. and MAC-NAUGHTON, S.J. 1991.** Stability Increases with Diversity in Plant Communities: Empirical Evidence from the 1988 Yellowstone Drought. *Oikos* 62 (3) : 360-362

161. **FRONTIER, S. 1983.** Stratégies d'échantillonnage en écologie. Ed. Masson. Collection d'écologie. Presse université de Laval, Québec. 494 p

162. **GARCIA, C. 2001.** Corrientes geostroficas en la ZEEal sur de Cub. *Rev. Invest Mar*, 12 (1-3) : 1-5.

163. **GÉHU, J.M. and RIVAS-MARTÍNEZ, S. 1981.** Notions fondamentales de phytosociologie. Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde. Syntaxonomie. J. Cramer. Berlin. pp. 5–33

164. **GENMEDOC, 2006.** Pratiques de germination dans les banques de semences du réseau GENMEDOC. Union Européen. 175 p.

165. **GHAZI, A. et LAHOUATI, R. 1997.** Evolution des parcours méditerranéens. In : pastoralisme, troupeau, espaces et société. Hartier ed : 440-454.

166. **GHRAB, S. 1981.** Étude de la variabilité écophénologique de l'alfa en Tunisie centrale. Thèse de docteur-ingénieur, université d'Aix-Marseille, 1981.

167. **GIEC, 2007.** Résumé à l'intention des décideurs. In M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. Van der Linden and C.E. Hanson (eds), Bilan 2007 des changements climatiques : impacts, adaptation et vulnérabilité. Contribution du groupe de travail II au 4<sup>ème</sup> rapport d'évaluation. Cambridge university Press, Royaume Uni.

168. **GONZALEZ-MORENO, P., PINO, J., GASSO, N. and VILA, M. 2013.** Landscape context modulates alien plant invasion in Mediterranean forest edges. *Biological invasions*, 15 (3) : 547-557.

169. **GOUNOT M., 1969.** Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Edit. Masson et Cie. Paris, 314 p.

170. **GRAVENDEEL, B., SMITHSON, A., SLIK, F.J.W. and SCHUITEMAN, A. 2004.** Epiphytism and pollinator specialization: divers for orchid diversity. *Phil. Trans. R.Soc. London*, 359 (1450) : 1523-1535.
171. **GRAY P., 2005.** Impacts of climate change on diversity in forested ecosystems: some examples. *For. Chron.* 81 (5) : 655-661.
172. **GRIME, J. P. 1977.** Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *Amer. Natur.* 111 (1) 1169-1194.
173. **GUARIGUATA, M.R., RHEINGANS, R., and MONTAGNINI, F. 1995.** Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica : implications for forest restoration. *Restoration Ecology*, 3 (4) : 252-260.
174. **GUINAUDEAU, M.R. 1952.** L'accroissement journalier du pin maritime en diamètre, dans deux stations de la région landaise en 1966. *Bull. Soc. BOI. F.mem.*
175. **GUINOCHET, M. 1955.** Logique et dynamique du peuplement végétal. Masson éd., Paris, 144.
176. **H.C.E.F.L.C.D (HAUT-COMMISSARIAT DES EAUX ET FORETS ET DE LUTTE CONTRE LA DEFORESTATION DU MAROC). 2013.** Etat des ressources génétiques forestières. Rapport national. Projet TCP/RAB/3303-BABY 2, 38 p
177. **HADJADJ, K. 2009.** Etude de la productivité du thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata* (VAHL) Masters) dans l'ouest Algérien dans la perspective de développement durable ». Thèse Doctorat. Université de Tlemcen. 185 p.
178. **HADJADJ-AOUL, S. 1995.** Les peuplements du thuya de berbérie (*Tetraclinis articulata* Vahl Master) en Algérie : phytoécologie, Syntaxonomie et potentialités sylvicoles. Thèse Doc. d'Etat, Université Aix-Marseille III, 159 p.
179. **HALITIM, A. 1988.** Sols des régions arides d'Algérie. OPU. Alger.384p.
180. **HAMANN, A. and WANG, T., 2006.** Potential effects of climate change on ecosystem and tree species distribution in British Columbia. *Ecology*, 87 (11) : 2773-2786.
181. **HAMEL, A. et MEDDAD-HAMAZ, A. 2016.** Note sur les Orchidées de la péninsule de l'Edough (Nord-Est algérien). *L'Orchidophile*, 211 (1) : 367-374.
182. **HANNA, P.J. 1984.** Anatomical features of the seed coat of *Acacia Kempeana* (Mueller) which relate to increased germination rate induced by heat treatment. *New Phytol*, 96 (1) : 23-29.
183. **HANSEN A.J. and DALE V.H., 2001.** Biodiversity in us forests under global climate change. *Ecosystems*, 4 (1) : 161-163.
184. **HARPER, J.L. 1977.** Population biology of plants. acad. Press. London. 892 p
185. **HASNAOUI O. 2008.** Contribution à l'étude des Chamaeropaies dans la région de Tlemcen, Aspects botanique et cartographiques. Thèse doct. Univ. Aboubekr Belkaïd Tlemcen. 210p.
186. **HASNAOUI, O. et NASRALLAH, Y. 2013.** Journées nationales sur la Réhabilitation des Subéraies Incendrées et Reboisements, Faculte SNV – STU Département d'Agro-Foresterie, Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen : 16-17 Janvier 2013. Pp. 1-2
187. **HEBDA, R. 1998.** Atmospheric change, forests, and biodiversity. *Environ. Monit. Assess*, 49 (1) : 195-212.

188. **HELLAL, B. 1991.** Influence du paillage sur la composition floristique de la steppe à alfa et du fatras sur la biomasse foliaire de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.). Thèse de Magistère, Institut de Biologie, Tlemcen. 50-80.
189. **HELLIWELL, D.R., BUCKLEY, G.P., FORDHAM, S.J. and PAUL, T.A. 1996.** Vegetation succession on a relocated ancient woodland soil. *Forestry*, 69 (1): 57-74.
190. **HEWITT, G.M. 1999.** Post-glacial re-colonization of Europan biota. *Biological journal of the Linnean Society*, 68 (1) : 87-112.
191. **HIGASHI, S., YONEYAMA, T. and HIGASHI, S. 1994.** Forest-restoration effect at *Alnus hirsuta* (Spach) Rupr. plantations on two small islands in northern Japan. Kagoshima Daigaku Rigakubu Kiyō. *Chigaku seibutsugaku*, 27 (1) : 209-219.
192. **HOBBS, A et SAUNDERS, R. 1991.** Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecol.*, 4 (1) : 93-110.
193. **HUYNH LONG, V. et KHELIFI, L. 1988.** Perspectives du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans la fabrication de la pâte à papier. Ann.Inst.Nat.Agro.El-Harrach,VoL.120.
194. **IFP, 2004.** Inventaire forestier national. Haut commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte contre la désertification.
195. **JIMÉNEZ, M.N., FERNANDEZ-ONDOO, E., RIPIO, M.A., NAVARRO, F.B., GALLEGU, E., DE SIMÓN, E. and LALLENA, A.M. 2007.** Influence of different post-planting treatments on the development in Holm oak afforestation. *Trees*, 21 (1) : 443-455.
196. **J.O.R.A. 2012.** Décret exécutif du 18 janvier 2012, complétant la liste des espèces végétales protégées. Journal Officiel de la République Algérienne n° 3- 12/12 du 18-01-2012 : 3-12.
197. **JUDAY, G.P., DUFFY, P., LINDERHORM, H., RUPP, S., SPARROW, S., VAGANOV, E. and YARIE, J., 2005.** Forests, land management and agriculture. 781p–854p en Arctic Council. 2005. Arctic climate impact assessment: scientific report. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 1-20.
198. **JURADO-DOÑA, V. 2002.** Los bosques de las Sierras del Aljibe y del Campo de Gibraltar (Cádiz-Málaga), Ecología, transformaciones históricas y gestión forestal, Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente, Sevilla, 222 p.
199. **KADIK, B. 1976-1979.** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie. Ed. OPU, 581p.
200. **KADIK, B. 1987.** Les espèces ligneuses à usages multiples de la zone méditerranéenne. Rapport de mission. Saragosse. Disponible à l' ENGREF de Montpellier, 41 p.
201. **KARSSSEN, C.M. 1980.** Environmental conditions and endogenous mechanisms involved in secondary dormancy of seeds. *Journal of Botany*, 29 (1) : 45-64.
202. **KAY, B.D. and VANDENBYGAART, A.J. 2002.** Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research* 66 (1):107-118.
203. **KEFIFA, A. 2015.** Contribution à l'étude et à la cartographie de l'impact des pressions anthropozoogènes et climatiques sur les ressources naturelles des monts de Saïda (Algérie).Thèse Doct. Université de Tlemcen. 401p.
204. **KENDRICK, R.E. 1976.** Photocontrol of seed germination. *Science Progress*, 63 (1) : 347-367.
205. **KHELIL, M.A., 1995.** Le peuplement entomologie dans les steppes à alfa. Univ. Tlemcen, 76p.

206. **KIRSCHBAUM M.U.F., 2000.** Forest growth and species distribution in a changing climate. *Tree Physiol.* 20 (1) : 309-322.
207. **KOUTSIAS, N., ALLGÖWER, B. and KALABOKIDIS, K. 2015.** Fire occurrence zoning from local to global scale in the European Mediterranean basin: implications for multi-scale fire management and policy. *Forest - Biogeosciences and Forestry.* 9 (2) : 195-204.
208. **LAARIBYA, S., ALAOU, A., GMIRA, N. et NASSIM G. 2012.** Contribution à l'évaluation de la pression pastorale dans la forêt de la Maamora. Parcours forestiers et surpâturage. *Nature & Technologie, Algérie,* 1 : 31-50.
209. **LAKE, P.S. 2001.** On the maturing of restoration: linking ecological research and restoration. *Ecol. Manage. Restoration,* 2 (1) : 110-115.
210. **LAMOND, M. 1978.** Influence des cotylédons sur la croissance et le développement du système racinaire du chêne pédonculé (*Quercus robur* L.)
211. **LATHAM, R.E. and RICKLEKS, R.E. 1993.** Continental comparisons of temperatezone tree species diversity. In : Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives. Ricklefs R.E. and Schluter D. (eds.), Chicago Univ. Press, 294-314.
212. **LAUMONT, P. et BERBIGIER, A. 1953.** L'alfa et l'expérimentation alfatière en Algérie. *Rev Int Bot Appl et agric Trop,* 52 (1) : 21-34.
213. **LE HOUEROU H N., 1977.** La désertification des régions arides. *La recherche,* 99 (1) : 336-344.
214. **LE HOUEROU, H.N, 1995.** Considerations biogéographiques sur les steppes arides du Nord de l'Afrique. *Secheresse,* 6(1) : 167-82.
215. **LE HOUEROU, H.N. 1969.** La végétation de la Tunisie steppique. Thèse Doc. Es Sc. Aix Marseille III. p.182.
216. **LE HOUEROU, H.N. 1971.** Classification écoclimatique des zones arides (S.I) de l'Afrique du Nord. *Ecologia mediterranea,* XV (3/4), C.E.F.E., C.N.R.S – C.E.P.E Louis Emberger ; Montpellier (France). 95-136.
217. **LE HOUEROU, H.N. 1996.** La régression de *Stipa tenacissima* L graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse,* 7 (1) : 87-93.
218. **LE HOUEROU, H.N. 2004.** An Agro-Bioclimatic Classification of Arid and Semiarid Lands in the Isoclimatic Mediterranean Zones. *Arid Land Research and Management,* 18 (1): 301-346.
219. **LE HOUEROU, HN, 1981.** Impact of man and his animals on mediterranean vegetation. In : DiCas-tri F, Goodall DW, Specht RL, eds. *Mediterranean-type shrublands.* Amsterdam : Elsevier.
220. **LE MAIRE, R. 1952.** Flore De L'Afrique Du Nord. Tomes 1 A 16. Paul Lechevalier, Paris. Encyclopédie Biologique. 5559 P.
221. **LE MAIRE, R. 1960.** Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Ed. Lechevalier, Paris, 394 p. (« 1959 » publ. 1960).
222. **LE TACON, F. et MALPHETTES, C.B. 1973.** Germination et comportement de semis de hêtre sur six stations de la forêt domaniale de villers-cotterêts. *R.F.F. XXVI, Class. Oxford,* 1 (1) : 232-323.

223. **LE TACON, F. et MALPHETTES, C.B. 1974.** Germination et comportement de semis de hêtre sur six stations de la forêt domaniale de villers-cotterêts (Aisne). *R.F.F. XXVI. Class. Oxford*, 1 (1) : 232-323.
224. **LEMEE G. 1978.** Précis d'écologie végétale. Ed : Masson. Paris. 285p
225. **LENZ, R., and HABER, W. 1992.** Approaches for restoration of forest ecosystems in northeastern Bavaria. *Ecological Modelling*, 63 (1) : 299-317.
226. **LETREUCH-BELAROUCI, A., MEDJAHDI, B., LETREUCH BELAROUCI, N. et BENABDELI, K. 2009.** Diversité floristique des subéraies du parc national de Tlemcen (Algérie). *Acta Botanica Malacitana, Màlaga*, 34 (1) :77- 89.
227. **LETREUCH-BELAROUCI, A., MEDJAHDI, B., LETREUCH-BELAROUCI, N et AUMASSON, P. 2000.** Stratégie de développement et conservation des suberaies des monts de Tlemcen (Algérie). *Rev. For. Fr. LXII*, 2 (1) : 25-42.
228. **LETREUCH-BELAROUCI, N. 1981.** Les reboisements en Algérie et leur perspective d'avenir. Vol. I/V. Thèse de Doctorat, Fac. Univ. Sci. Agron. Gembloux, Belgique, 608 p.
229. **LETREUCH-BELAROUCI, N. 1991.** Les reboisements en Algérie et leur perspective d'avenir. Vol. I. Alger, Office des Publications Universitaires (O.P.U.), 294 p.
230. **LI, C., FLANNIGAN, M.D. and CORNS, I.G.W. 2000.** Influence of potential climate change on forest landscape dynamics of west-central Alberta. *Can. J. For. Res*, 30 (1) : 1-1912.
231. **LINCOLN, M.C., WILL, R.E., MORRIS, L.A., CARTER E.A., MARKEWITZ, D., BRITT, J.R. and FORD, V. 2007.** Soil change and loblolly pine seedling growth following site preparation tillage in the Upper Coastal Plain of the southeastern USA. *Forest Ecology and Management*, 242 (1) : 558-568.
232. **LOISEL, R. and GAMILA, H. 1993.** Traduction des effets du débroussaillage sur les écosystèmes forestiers et préforestier par in indice de perturbation. *Ann Soc. Sci. Nat. Archéol. de Toulon du Var*, 1 : 123-130.
233. **LOSTE A, 1955.** Répartition et conditions climatiques des nappes alfatières. *Bull. Soci. Hist. Tech. Agro.Toulouse*, 1 : 1-90.
234. **LUCAS, G., 1952.** Bordure Nord des hautes plaines dans l'Algérie occidentale: Primaire, Jurassique, Analyse structurale. XIX. Congrès géologique International d'Alger, Monographie régionale, 1<sup>o</sup> série, 21, 139 pp.
235. **MAC-ARTHUR R., 1955.** Fluctuation of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 36 (1) : 533-536.
236. **MACKENNEY D.W., PEDLAR J.H., CAMPBELL, K. and HUTCHINSON M.F., 2007.** Potentiel impacts for climate change on the distribution of North American tree. *Bioscience* 57
237. **MADOU, A., REBBAS, K., BOUNAR, R., MIARA, M.D. and VELA, E. 2017.** Contribution à l'inventaire des Orchidées de la wilaya de Sétif (N.-E de l'Algérie). *Bulletin mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, 86 (1) : 273-292.
238. **MALCOM, J.R., MARKHAM, A., NEILSON, R.P. and GARACI M. 2002.** Estimated migration rates under scenarios of global climate change. *J. Biogeogr*, 29 (1) : 835-849.
239. **MARGALEF, R. 1969.** On certain unifying principles in ecology. *American Naturalist* ; 97 (1) : 357-374.

240. **MARION, J. 1956.** Remarques sur le classement et la mise en valeur des nappes alfatières. *Ann Rech Forest (Maroc)*, 4 (1) : 107-27.
241. **MARTIN, R., VELA, E. and OUNI, R. 2015.** Orchidées de Tunisie. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, n° spécial 44 : 160 p.
242. **MARTINEZ-SANCHEZ, R. 1996.** Effect of high temperatures on germination of *Pinus Halipensis* Mill and *P. Pristis* Aiton seeds in Spain. *Vegetation*. 116 (1) : 69-72.
243. **MAY, R.M. 1977.** Thresholds and breaking points in ecosystems with a multiplicity of stable states. *Nature*, 269 (1): 471-477.
244. **MC-CHESNEY, C.J., KOCH, J.M., BELL, D.T. 1995.** Jarrah forest restoration in western Australia: canopy and topographic effects. *Restoration Ecology*, 3 (2) : 105-110.
245. **MC-LAUGHLIN, A and MINEAU, P. 1995.** The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 55 (3) :201-212.
246. **MÉDAIL F. et QUÉZEL, P., 2003.** Typologie des forêts méditerranéennes. In Quézel P. et Médail F. (Eds.) *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Collection Environnement et Technique, Paris, Elsevier/Lavoisier, 125-128.
247. **MÉDAIL, F. and DIADEMA, K. 2006.** Biodiversité végétale méditerranéenne et anthropisation : approches macro et micro-régionales. *Ann. Géog*, 651 (1) : 618-640.
248. **MÉDAIL, F. and QUÉZEL, P. 1997.** Hot-Spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Ann. Missouri Bot. Gard*, 84: 112-127.
249. **MÉDAIL, F., 2005.** Biodiversité végétale méditerranéenne. *Annales de géographie*. 618-640.
250. **MÉDAIL, P. and QUÉZEL, P. 1999.** Biodiversity hotspots in the Mediterranean basin : setting global conservation priorities. *Conserv. Biol*, 13 (1) : 1510-1513.
251. **MEDDOUR, R. 1992.** Cours de Biocénologie. Institut d'Agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou, 127 p.
252. **MEDDOUR, R. 2010.** Bioclimatologie, phytogéographie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabyle Djurdjurienne. Thèse de doctorat d'Etat, Université de Tizi Ouzou, 394 p.
253. **MÉDIOUNI, K. et AZIRA, F. 1992.** Contribution à l'étude de la dynamique des formations à Erables (*Acer*) d'Aït Ouabane (Djurdjura). *Forêt Méditerranéenne* 13 (2) : 109-114.
254. **MEDJAHDI, B., IBN TATTOU, M., BARKAT, D. and BENABEDLI, K. 2009.** La flore vasculaire des monts des Trara (nord-ouest algérien). *Acta Botanica Malacitana* 34 : 1-57.
255. **MEDJATI, N., HASNAOUI, O., HACHEMI, N. and BABALI, B. 2014.** Etude du comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines du *Chamaerops humilis*. var. *argentea* André (Arecaceae). *Revue des Régions Arides - Numéro Spécial - n° 35 (3/2014)*
256. **MEHDADI, Z. 1992.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle de l'alfa (*Stipa tenacissima* L.) et comportement du méristème végétatif. Thèse de Magistère, Institut de Biologie, Université de Tlemcen. 1-50.
257. **MEHDADI, Z., BENAOUA, Z., BOUCHAOUR, I., LATRECHE, A et BELHASSAINI, H. 2004.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle de *Stipa*

- tenacissima L. dans les hautes plaines steppiques de Sidi Bel-Abbès (Algérie occidentale). *Sécheresse*, 15 (2) : 167-71.
258. **MENZEPOH, S.B. 2011.** Les orchidées comestibles chez le peuple Bagam, au Cameroun. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 15(4) : 509-514.
259. **MIARA, M. D., AIT HAMMOU, M., REBBAS, K., HADJAJ-AOUL, S. et VELA, E. 2018.** Les Orchidées de la wilaya de Tiaret (Algérie nord-occidentale) : inventaire, écologie, taxonomie et biogéographie. *Bull. mens. Soc. linn. Lyon*, 87 (9-10) : 273-293.
260. **MICLE (MINISTERE DE L'INTERIEUR, DES COLLECTIVITES LOCALES ET DE L'ENVIRONNEMENT, SECRETARIAT D'ETAT CHARGE DE L'ENVIRONNEMENT). 1997.** Elaboration de la stratégie nationale pour la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique. 27p.
261. **MOLINIER, R. 1934.** Etudes phytosociologiques et écologiques en Provence Occidentale. Th. Sc. Paris. 237p.
262. **MONTOYA, J.M. 1983.** Pastoralismo mediterraneo – Monografía, ICONA número 25, Ministerio de agricultura- Madrid.1-50.
263. **MOOD, A., FRANKLIN, A. and DEANE, C. 1974.** Introduction of the theory of statistic. Mac Gram-Hill 3ème édition.1-20.
264. **MORE, D. and WHITE, J. 2005.** Encyclopédie des Arbres : Plus de 1800 Espèces et Variétés du Monde, (Ed.), Flammarion : 18-24.
265. **MOREIRA, F., VIEDMA, O., ARIANOUTSOU, M., CURT, T., KOUTSIAS, N., RIGOLOTT, E. and BARBATI, A. 2011.** Landscape wildfire interactions in southern Europe : implications for landscape management. *Journal of environment management*, 92 (10) : 2389-2402.
266. **MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., DA-FONSECA, G.A.B. and KENT, J. 2000.** Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (1) : 853-858.
267. **NAHAL, I. 1962.** Le pin d'Alep, étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Ann. ENEF. Sta. Rech. Exp*,19 (4) : 473-684.
268. **NAHAL, I. 1977.** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. Options Méditerranéennes. Série Etude CIHEAM 86 p.1-9.
269. **NASRALLAH, Y et KHELIFI, L. 2010.** Diagnostic précoce de la reprise des jeunes plants de onze provenances algériennes de chêne vert (*Quercus rotundifolia* lam.) : conséquences pour le reboisement. *Rev. Écol. (Terre Vie)*, 65 (1) : 359-368.
270. **NASRALLAH, Y. 2014.** Caractérisation de la variabilité morphologique des 21 provenances algériennes de Chenet vert (*Quercus totendifolia* Lam.), évaluation de leur adaptation écologique dans la région semi-aride de Saida. These Doctorat en sciences agronomique. Ecole nationale supérieure d'agronomie El Harache. 213P.
271. **NASRALLAH, Y. et KEFIFA A. 2015.** Les actes du Med Suber 1 : 1ère Rencontre Méditerranéenne Chercheurs-Gestionnaires-Industriels sur la Gestion des Subéraies et la Qualité du liège. Les 19 et 20 octobre 2009 – Université de Tlemcen, pp : 107-117
272. **NASRALLAH, Y., AOUADJ, S.A. et KHATIR, H. 2020.** Impact of the exploitation of medicinal plants on biodiversity conservation in Saida and El Bayadh regions, Algeria. *Biodiv. Res. Conserv*, 60: 11-22.
273. **NE'EMAN, G and PEREVOLOTSKY, A. 2000.** The management of burned forests in Palestine. *IJPS*, 1 (1) : 35-50.

274. **NOËL, J. 2001.** Régénération forestière après feu et coupe de récupération dans le secteur de Val-Paradis, Abitibi, Thèse (M. Sc.), Montréal, Université du Québec à Montréal et Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue, 98 p.
275. **NOBLE, L.R. and SLAYTER, R.O. 1980.** The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances. *Vegetatio*, 43 (1) : 5-22.
276. **NONGONIERMA, A. 1978.** Contribution à l'étude biosystématique du genre *Acacia* Miller en Afrique occidentale. Thèse Doctorat, Université de Dakar, Sénégal. 451.
277. **NSIBI, R. 2005.** Sénescence et rajeunissement des subéraies de Tabarka - Ain Draham avec approches écologiques et biotechnologiques. Thèse de Doctorat en Sciences Biologiques. Faculté des Sciences de Tunis.1-50.
278. **ODUM, E.P. (1969).** The strategy of ecosystem development. *Science*, 164: 262-270.
279. **OIBT (ORGANISATION INTERNATIONALE DES BOIS TROPICAUX). 2005.** Restauration des paysages forestiers : Introduction à l'art et la science de la restauration des paysages forestiers. Série technique oibt n° 23. IUCN. 156.
280. **OLIVIER L., MURACCIOLE M. et RUDERON, J.P., 1995.** Premier bilan sur la flore des îles de la Méditerranée. Etat des connaissances et observations diagnostics et proposition relatifs aux flores insulaires de méditerranée par les participants au colloque d'Ajaccio. Corse. France (5-8 octobre, 1993) à l'occasion des débats et conclusions 356-358p.
281. **OWEN J., 2011.** Kew scientists lead fight to save orchids from extinction. *The Independent*, 13 February 2011.
282. **OZENDA P., 1982.** Les végétaux de la biosphère. Ed : Doin 431p.
283. **OZENDA, P. 1997.** Le concept géo-botanique d'orosystème. *Rev. Ecologie appliquée*, Grenoble. Tom 4.
284. **PALM, R. et PONDEUX, J. 2009.** A propos de deux problèmes rencontrés dans la construction de tarifs de cubage: le choix des équations de régression et l'échantillonnage des arbres. *Bull. Rech. Agro. Gembloux*, 11 (1) : 243-258.
285. **PARDE, J. 1967.** Réflexion sur la productivité des forêts françaises. Centre national de Recherches forestières, Nancy, 477-485.
286. **PAUSAS, J. G., RIBEIRO, E. and VALLEJO, R. 2005.** Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management*, 203 (1) : 251-259.
287. **PAUSAS, J.G et FERNANDEZ-MUÑOZ, M.A. 2012.** Effect of smoke, charred-wood, and nitrogenous compounds on seed germination of ten species from woodland in central-western Spain. *Journal of Chemical Ecology* 29 (1) : 237-251.
288. **PEARCE, J.C. 1992.** *Magical chi/do Penguin Books*. New York, 2nd edition.
289. **PEGUY, C. P., 1970.** Précis de climatologie. (Paris).1-10.
290. **PELLISSIER, E. 1836.** Annales Algériennes. Tome II. Anselin et Gaultier Laguionie, Paris. 472.
291. **PEÑUELAS, J., GRACIA, C., ALISTAIRE ? J., CARNICER, J., COLL, M., LIORET, F. and YUSTE, J.C. 2010.** Intégratio des effets du changement climatique sur les forets méditerranéennes : Obsrvation, experimentation, modélisation et gestion. *Foret Méditerranéenne*, 31 (4) : 351-356.

292. **PETER J. and KANOWSKI, A. 2004.** Boisement et foresterie de plantation – La foresterie de plantation pour le 21ème siècle. Département des forêts, Australian National University, Canberra ACT 0200, Australie.
293. **PETER, AM. 1981.** Etude de l'impact du feu sur la végétation de l'étage méditerranéen des Albères (Pyrénées-Orientales). Mémoires E.N.I.T.A., Dijon, 1 00 pp.
294. **PEYERIMHOFF, P. 1941.** Notice sur la carte fores-tière de l'Algérie et de la Tunisie. Bacconnier, Al-ger, 71 p. 1 Vol. Imp. Pape Bacconnier Frères : 70 p., 1 carte.
295. **PIGOTT, C.D. and PIGOTT, S. 1993.** Water as determinant of the distribution of trees at the boundary of the Mediterranean zone. *Journal of Ecology*, 81 (1) : 557-566.
296. **PLAN JURIDIQUE. 2018.** Plant juridique de la forêt domaniale de Doui Thabet. Non paginé.
297. **PNUDE, 2015.** Rapport sur le développement humain 2015 : Le travail au service du développement humain.48.
298. **POLUNIN, O and HUXLEY, A. 1965.** Flowers of the mediteranean. Chatto and Windus, London.
299. **POUGET, M. 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. Ed. O.R.S.T.O.M., Paris, 555 p. texte + annexes.
300. **POUPON, H. 1968.** Etude de la croissance en hauteur et en circonférence de quelques espèces de pins et d'eucalyptus dans l'arboretum de Zerniza. Thèse de troisième cycle soutenue à la faculté des Sciences d'Orsay (France). 5-29.
301. **PREVOSTO, B., AMANDIER, L., QUESNEY, T., DE BOISGELIN, G. and RIPERT, C. 2012.** Régénérer efficacement les peuplements de pin : des travaux souvent indispensables ! L'exemple des peuplements à pin d'Alep en zone méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne*, 4 (1) : 318-328.
302. **PREVOSTO, B., RIPERT, C., FAVAND, G., LOPEZ, J.M., ESTEVE, R., MARTIN, W., N'DIAYE, A. 2009.** Régénération du pin d'Alep en Basse Provence : Impact des traitements du sol, de la végétation et des rémanents. *Forêt méditerranéenne*, 1 (1) : 1-14.
303. **PRODON, R. et LEBRETON, J.D. 1981.** Breeding avifauna of a mediterranean succession: the Holm Oak and Cork Oak series in the Eastern Pyrenees. Analysis and modelling of the structure gradient. *Oikos*, 37 (1) : 21-38.
304. **PRODON, R., FONS, R. et PETER, A.M. 1984.** L'impact du feu sur la végétation, les oiseaux et les micro-mammifères dans diverses formations méditerranéennes des Pyrénées-orientales : premiers résultats. *Revue Ecologie (Terre Vie)*, 39 (1) : 129-158.
305. **QUÉZEL, P. 1956.** Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N., Nlle Série n°1, 57 p., Alger.
306. **QUÉZEL, P. 1957.** Peuplement végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord, essai de synthèse biogéographique et phytosociologique. Encyclopédie biogéographique et écologique. Lechevalier (éds.), Paris.
307. **QUÉZEL, P. 1964.** L'endémisme dans la flore de l'Algérie. C.R. de la Soc. De Biogéogr. 361 : 137-149.
308. **QUÉZEL, P. 1976.** Analysis of the flora of Mediterranean and saharan Africaann. *Missouri Bot.Gard*, 65 (2): 411-416.

309. **QUÉZEL, P. 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In Pesson M. (Ed.) Actualité d'écologie forestière : Sol, flore, faune. Paris, Bordas : 205-256.
310. **QUÉZEL, P. 1985.** Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. In GOMAZ-CAMPO Edit "Plant conservation in the Mediterranean area" Junk, Dordrecht pp : 9-24.
311. **QUÉZEL, P. 1991.** Structure de végétation et flore en Afrique du Nord : leurs incidences sur les problèmes de conservation. Actes Editions. 19-32.
312. **QUÉZEL, P. 1999.** Biodiversité végétale des forêts méditerranéennes, son évolution éventuelle d'ici à trente ans. Forêt méditerranéenne, N°XX, I : 3p-8p.
313. **QUÉZEL, P. 2000.** Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ibis Press
314. **QUÉZEL, P. and BOUNAGA, D. 1975.** Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore d'Algérie et de Tunisie. Colloque International, CNRS. Flora Mediterranea, Paris, 235. 125-130 pp.
315. **QUÉZEL, P. and MEDAIL, F. 1995.** La région circumméditerranéenne : centre mondial majeur de biodiversité végétale, in : Actes des 6e Rencontres de l'ARPE Provence-Alpes-Côte d'Azur, Colloque scientifique international «Bio'Mes», Gap, pp. 152– 160.
316. **QUÉZEL, P. and MEDAIL, F. 2002-2003.** Réponses de l'élément végétal (flore et végétation). 1-10.
317. **QUÉZEL, P. and MEDAIL, F. 2003.** Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier. Paris, 571 p.
318. **QUÉZEL, P. and SANTA, S. 1962-1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. 2 vol., C.N.R.S., Paris.
319. **QUÉZEL, P. et BARBERO, M. 1982.** Contribution à l'étude de la végétation forestière d'Anatolie méditerranéenne. *Ecologie Méditerranéenne*, 7 (4) : 1-10.
320. **R.N.E. 2000.** Rapport national sur l'état et l'avenir de l'Environnement. Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire. 7 parties : les facteurs de vulnérabilité environnementale ; l'état de l'environnement ; les impacts sociaux et monétaires ; l'évaluation des interventions publiques environnementales ; les dangers et les perspectives de l'environnement ; la stratégie nationale de l'environnement ; pour un programme d'urgence environnemental. 1-15 p.
321. **RAMADE, F. 2003.** Elément d'écologie, écologie fondamentale. 3eme édition. Edition DUNOD. 1-100.
322. **RAUNKIAER, C. 1934.** The life forms of plants and statistical plant. Geography. Clarendonpress. Oxford. 632 p.
323. **RAY, G.J. and BROWN, B.J. 1995.** Restoring caribbean dry forests : evaluation of tree propagation techniques. *Restoration Ecology*, 3 (2) : 86-94.
324. **REGO, A. 1987.** Prescribed fires effects on soils and vegetation in Pinus pinaster forests in northern Portugal. *Ecol. Médit*, 13 (4) : 1 89-1 94.
325. **RGPH. 2019.** Renssencement global des populations et des habitants de la commune de Doui Thabet (RGPH non encore publiée). APC de Doui Thabet, 12/2019, 10-25.
326. **RIVAS-MARTINEZ, S. 1981.** Les étages bioclimatiques de la végétation de la péninsule ibérique. Actas Iii Congr. Óptima. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 37 (2): 251-268.

327. **RIVAS-MARTINEZ, S., COSTA, M., CASTROVIEJO, S. et VALDÉS, E. 1980.** Vegetación de Doñana (Huelva, España). Lazaroa, 2: 5-190.
328. **RIVAZ MARTINAZ, S. 1975.** Sobre la nueva clase Polgono-Poetea aneae. Phytocoenologie 2 (1/2) : 123-140.
329. **ROBINSON, G.R. and HANDEL, S.N. 1993.** Forest restoration on a closed landfill : rapid addition of new species by bird dispersal. *Conservation Biology*, 7 (2) : 271-278.
330. **ROLDEN, A and ALBALADEJOI, J. 1994.** Effect of mycorrhizal inoculation and soil restoration on the growth of Pinus halepensis seedlings in a semiarid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 18 (1) : 143-149.
331. **S.A.T.E.C. 1976.** Etude développement intégré de la daïra de Saida. Rapport technique, 93 pages.
332. **SAIDI, N. 1984.** Dynamique de la végétation du maquis dans la chaîne de Djebel Zeroula et Bou Zega (Atlas Tellien). Thèse ingénieur, ENSA, EL Harache, Alger. 131 p+ annexes.
333. **SAUVAGE, R 1963.** Le quotient pluviométrique d'EMBERGER. Son utilisation et la représentation de ses variations au maroc. *Ann. Serv. Phys. GL. Meteorol*, 20 (1): 11-23.
334. **SAUVAGE, R. 1961.** Recherche géobotaniques sur le chene liege au maroc. Thèse doctorat. Montpellier. Trav.Inst. Sci.Chertif.Série botanique. 462 p.
335. **SCARASCIA-MUGNOZZA, G., OSWALD, H., PIUSSI, P. and RADOGLU, K. 2000.** Forest of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Mangment*, 15 (1) : 3-34.
336. **SCHATZ, B. et GENIEZ, P. 2011.** Les orchidées, un patrimoine naturel à conserver, In le génie de la nature. Biotope, Méze (collection Pathénopé). 26-47.
337. **SCHMID, E. 1956.** Die Vegetationsgürtel der Iberisch-Berberischen Gebirge. *Veroff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 31 (1) : 124-16.
338. **SEIGUE, A. 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Maisonneuve et Larose, paris.
339. **SEINY BOUKAR, L. 1992.** Régime hydrique et dégradation des sols dans le Nord-Cameroun. Thèse 3' cycle, univ. Yaoundé, 226 p.
340. **SELTZER, P. 1946.** Le climat de l'Algérie. Inst. Météor. et de Phys. du Globe. Alger. 219 p.
341. **SER (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION). 2012.** Global restoration network case study database. <http://www.globalrestorationnetwork.org/database/> [accessed on 20 November 2012].
342. **SINGH, T. and WHEATON, E.E., 1991.** Boreal forest sensitivity to global warming : implications for forest management in western interior Canada. *For. Chron*, 67 (1): 1-348.
343. **SMW, 2015.** Exploitation des données climatiques de la wilaya de Saida sur la période de 1980-2015. ONM Saida, Algérie, 12 p.
344. **SNANE, M.A, MECHERGUI, M et HAMZA, E (1992).** Dynamique de la croissance juvénile du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) sous deux techniques de reboisement dans la zone subhumide du Cap-Bon tunisien. *Forêt méditerranéenne*, 13 (3) : 262-267.
345. **SOLOMOU, A.D., PROUSTOS, N.D., KARTSOS, G. and TSAGARI, K. 2017.** Effect of climate change on vegetation in mediteranean forets. *International journal of Envrinment, Agriculture and Biotechnology*, 2 (1) : 240-247.

346. **SOULERES, G. 1969.** Le pin d'Alep en Tunisie : *Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest.Tunisie.* 2 (1) : 1-126.
347. **STERRY, P. 2001.** Toute la nature méditerranéenne. Delacchaux et Niestlé. SA-Paris., 382p.
348. **STEWART, B.A. 1985.** Water conservation technology in rainfed and dryland agriculture. Proceedings of the conference 'Water and water policy in world food supplies'. Texas A & M University, College Station, Texas, pp 335–35
349. **STURGESS, P. and ATKINSON, D. 1993.** The clear-felling of sand-dune plantations: soil and vegetational processes in habitat restoration. *Biological Conservation*, 66 (3) : 171-183.
350. **SVENNING, J.C., Normand, S and Kageyama, M. 2003.** Glacial refugia of temperate trees in Europe : insights from species distribution modelling. *Journal of ecology*, 96 (6) : 1117-1127.
351. **TARHOUNI, M., OULED BELGACEM, A. et NEFFTI, M. 2007.** Diversité biologique et dynamique de la steppe à *Rhanterium suaveolens* sous l'effet du mode de gestion et des conditions climatiques de la Tunisie méridionale. *Bulltin de la direction générale de l'aménagement et de la conservation des terres agricloes*, 12 (1) : 146-155.
352. **TELEPOVA-TEXIER, M. 2011.** Les amis du Museum D'Histoire Naturelle - Interaction entre les orchidées et leurs pollinisateurs. Muséum national d'histoire naturelle, Département des Jardins Botaniques et Zoologiques, Paris Institut Botanique Komarov, Saint Petersbourg.
353. **TERRAS, M. 2011.** Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie). Thèse Doc. Univ. Tlemcen, Algérie, 500 p.
354. **THANOS, C.A. and GEORGHIOU, K. 1988.** Ecophysiology of fire-stimulated seed germination in *Cistus incanus* spp. *creticus* (L.) Heywood and *C. salvifolius* L. *Plant, Cel/ and Environment*, 11 (1) : 841-849.
355. **THOMPSON, E.D., FLANNIGAN, M.D., WOTTON, B.M. et SUFFLING, R. 1998.** the effects of climate change on landscape diversity: an example in Ontario forests. *Environ. Monit. Assess*, 49(1) : 213–233.
356. **THOMPSON, K., BAKKER, J.P., BEKKER, R.M. and HODGSON, J.G. 1998.** Ecological correlates of seed persistence in soil in the NW European flora. *Journal of Ecology*, 86 (1) : 163-169.
357. **TINTHOIN, R. 1948.** Les aspects physiques du tell oranais : essai de morphologie de pays semi aride. Oran : Ed. Fouquet, 606 p.
358. **TOOLE, V. K. 1973.** Effects of light, temperature and their interactions on the germination of seeds. *Seed Science Technology*, 1 (1) : 339-396.
359. **TRABAUD, L. 1994.** Postfire plant community dynamics in the Mediterranean Basin. In : Moreno, J.M., Oechel W.M. (eds). The role of fire in Mediterranean-type ecosystems. Springer, New-York, pp 1-15
360. **TRABAUD, L. 2000.** Diversity of the soil seed bank in a *Quercus ilex* Mediteranean forest. *Biological Conservation*, 69 (1) : 107-114.
361. **TRABAUD, L., MICHELS, C. and GROSMAN, J. 1985.** Recovery of *burnt Pinus halepensis* Mill. forest. II. Pine reconstitution after wildfire. *Forest Ecology Management*, 13 (1) : 167-179.

362. **TRAORE, B. 2002.** Contribution à l'étude de la caractérisation et de la germination de *Balanites aegyptiaca* L. Del. dans la région de Tamanrasset et Ahaggar-Algérie méridionale. Mémoire d'ingénieur d'état en foresterie, université de Tlemcen, 147p.
363. **TROLLARD, DR. 1893.** La question forestière devant le sénat. ed. casablanca ,204 pages.
364. **TYBIRK, K. 1991.** Régénération des légumineuses ligneuses du Sahel. University of Aarhus, Botanical Institute, AAU Reports, n° 28, 86 p.
365. **TYBIRK, K., SCHMIDT, L.H. and HAUSER, T. 1994.** Notes on soil seedbanks of African acacias. *Afr. J. Ecol*, 32 (1) : 327-330.
366. **UICN. 2001.** Catégories et critères de l'UICN pour la Liste Rouge : version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN, Gland.
367. **USHER, M.B., CALLAGHAN, T.V., GILCHRIST, G., HEAL, B., JUDAY, G.P., LOENG, H., MUIR, M.A.K. and PRESTRUD, P., 2005.** Principles of Conserving the Arctic Biodiversity In Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press, Londres, UK. 539-596.
368. **VALLADARES, F., BENAVIDES, R., REBASA, S.G., DIAZ, M., PAUSAS, J.G., PAULAN, S. and SIMON, W.D. 2014.** Global change and Mediterranean forest : current impacts and potential responses, In D.A. Coomes, DFRP.Burrslem and W.D. Simonson, cords, forets and global change. Cambridge, UK. 47-55.
369. **VALLAURI, D. and CHAUVIN, C.H. 1997.** L'Écologie de la restauration appliquée à la forêt. *Revue forestière française*, 1 : 1-15.
370. **VALLAURI, D. and CHAUVIN, C.H. 2005.** L'écologie de la restauration appliquée à la forêt. *Revue forestière française*, 3 (1) : 195-203.
371. **VAN DER VALK, A.G. and VERHOEVEN, J.T.A. 1988.** Potential role of seed banks and understorey vegetation in restoring quaking fens from floating forests. *Vegetation*, 76 (1) : 3-13.
372. **VELA, E. and BENHOUHOU, S. 2007.** Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le Bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C.R. Biologies*, Paris. (330) : 589-605.
373. **VELA, E., TISON, J. M. and PINTO-CRUZ, C. 2017.** *Dactylorhiza elata*, Stately Dactylorhiza. The IUCN Red List of Threatened Specie: 1-10 pp.
374. **VERLAQUE, R., MEDAIL, F. and ABOUCAYA, A. 2001.** Valeur prédictive des types biologiques pour la conservation de la flore méditerranéenne. *Life Sci. Paris*, 324 (1) : 117-1165.
375. **VIEDMA, O. 2008.** The influence of topography and fire in controlling lanscape composition and strcture factors in Sierra de Gredos (Spain) Landscape. *Ecology*, 23 (6) : 657-672.
376. **VILAIN-CARLOTTI, A et DALAGE, P. 2013.** Forêts et sociétés dans les environnements méditerranéens : une ardente vulnérabilité?. *Méditerranée : revue géographique des pays méditerranéens*, 1 : 23-32.
377. **WALKER B.H., LUDWIG, D., HOLLING, C.S. AND PETERRNAN, R.M. 2010.** Stability of serni-arid savanna grazing systems. *Journal of Ecology* ; 69 (1) : 473-498.
378. **WALKER, B.H. (1997).** Conserving biological diversity through ecosystem resilience, *Conserv. Biol*, 9 (1) : 747-752.

379. **WALTER, H. and LIETH, H. 1960.** Klimadiagram weltathas. jenafishar Iena. *Ecologia medit.* Tome XVIII 1992. Univ. Droit, d'économie et des sciences d'Asie- Marseille III. WERKER. 1980-1981.
380. **WHITE, P.S. AND WALKER, J.L., 1997.** Approximating nature's variation: selecting and using reference information in restoration ecology. *Restoration Ecol*, 5(4) : 338-349.
381. **WHITTAKER, R.H. 1972.** Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21 (1) : 213-251.
382. **WILSON, M.V. et SHMIDA, A. 1984.** Measuring beta diversity with. presence-absence data. *Journal of Ecology*, 72 (1) : 1055-1064.
383. **WYANT, J.G., MEGANCK, R.A., HAM, S.H. 1995.** The need for an environmental restoration decision framework. *Ecological engineering*, 5 (1) : 417-420.
384. **YAHY N. et BENHOUHOU S. 2010.** *Zones importantes pour les plantes en Mediterranee meridionale et orientale : sites prioritaires pour la conservation* (sous la direction de Radford, E.A., Catullo, G. et Montmollin, B. de). UICN, Plantlife et WWF. Publié par UICN, Gland, Suisse et Málaga, Espagne, UICN VIII + 124 : 30p.
385. **ZINE EL ABIDINE, A. 2003.** La germination des graines du Genevrier rouge. *Naturealia Marocana*, 1 (1) : 193-199.

**Annexes**

**Annexe 1 : Richesse floristique de la forêt de Doui Thabet.**

(Photos : AOUADJ Sid Ahmed).



*Ebenus pinnata* L.



*Teucrium fruticans* L



*Hedysarum pallidum* Desf.



*Nepeta apulei* L.



*Lathyrus tingitanus* L.



*Ranunculus millefoliatus* Vahl.



*Thymelae avirescens* Coss. et Dur.



*Crithmum maritimum* L.



*Iris tingitana* (B. et R) B.et T.



*Iris unguicularis* Poir.



*Teucrium pollium* L.



*Phillyrea angustifolia* L.



*Clematis cirrhosa* L.



*Sanguisorba minor* Scop. ssp. *vestita* (Pomel). Maire.



*Iris planifolia* (Mill.) Dur. et Sch.



*Cytinus hypocistis* L.



*Artemisia herba alba* Asso.



*Carduncellus pinnatus* (Desf.) DC.



*Retama retam* Webb.



*Atractylis humilis* L.  
ssp. *caespitosa* (Desf.) M.



*Cytisus triflorus* L' Herit.



*Helianthemum croceum* (Desf.).



*Thymus munbyanus*



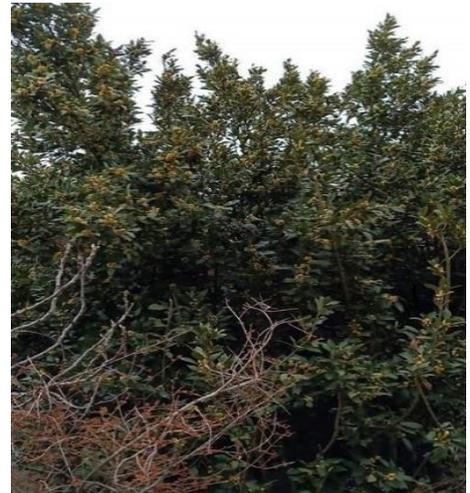
*Genista erioclada*



*Rosmarinus eriocalyx*



*Thymus fontanesii* Boiss. & Reut



*Laurus nobilis* L.



*Scorzenera laciniata* L.



*Linum strictum* L.



*Borago officinalis* L.



*Echinops spinosus* L.



*Ophrys lutea* (Cav.) Gouan.



*Anacamptis papilionacea* (L.)



*Dactylorhiza elata* (Poir.) Soó.



*Sedum acre* L.



*Lythrum acutangulum*



*Rhamnus alaternus* L.



*Thymus hirtus* Willd.



*Ophrys tenthredinifera* Willd.



*Helianthemum syriacum* (Jacq.) Dum. Cours



*Ophrys speculum* Link subsp. *speculum*

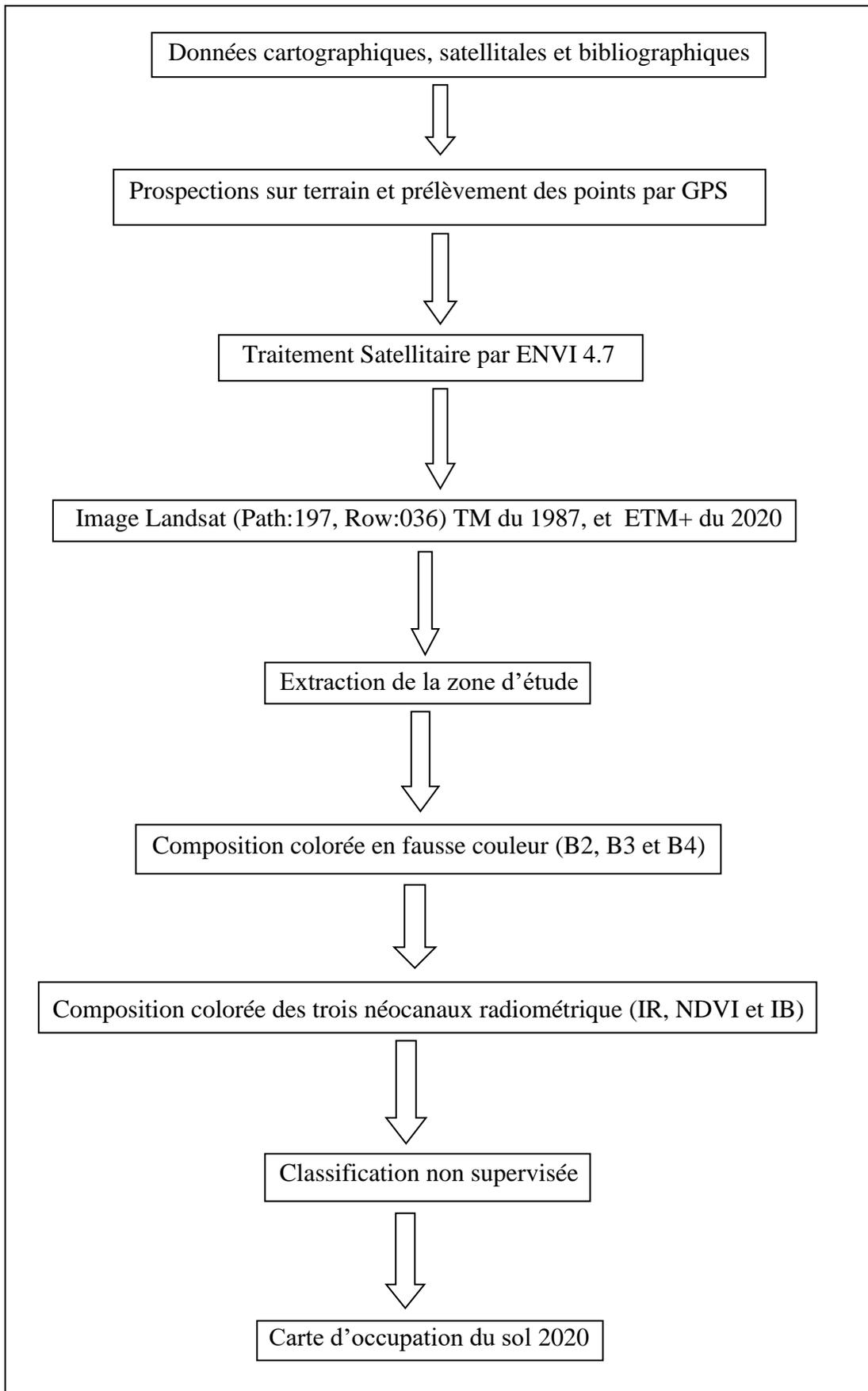


*Thymus numidicus* Poir.



*Himantoglossum robertianum*

**Annexe 2 : Classification non dirigée par centres mobiles.**





**Annexe 4 : Croissance mensuelle en hauteur de plantules.**

Croissance mensuelle en hauteur de plantules de *Pinus halipensis* (cm).

	janv-18	févr-18	mars-18	avr-18	mai-18	juin-18	juil-18	août-18	sept-18	oct-18	nov-18	déc-18	janv-19	févr-19	mars-19	avr-19	mai-19	juin-19	juil-19	août-19	sept-19	oct-19	nov-19	déc-19	janv-20	févr-20	mars-20
CRp	0,1	0,5	0,6	0,8	0,8	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,5	0,6	0,8	0,8	0,5	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,5
CRp	0,1	0,5	0,8	1	0,8	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5	0,8	1	0,8	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,5
CRp	0,2	0,5	0,8	1	0,8	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	0,8	1	0,8	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,5
CRp	0,2	0,6	0,8	1,1	1	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,6	0,8	1,1	1	0,7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,6
CRp	0,1	0,5	0,6	0,9	1	0,6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,5	0,6	0,9	1	0,6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,5
CRp	0,2	0,5	0,6	1	1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	0,6	1	1	0,6	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5
LBp	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3
LBp	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0	0	0	0,2
LBp	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0,2
LBp	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1
LBp	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
LBp	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,1
Fp	0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,3
Fp	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,3
Fp	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Fp	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0,3
Fp	0,1	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,3
Fp	0	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0,3
BRp	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,5	0,3	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
BRp	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
BRp	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0	0	0,1	0,1	0,2	0	0	0,3	0,4	0,5	0,5	0,4	0	0	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,3
BRp	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,3

BRp	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3
BRp	0,1	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,3
Tp	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2
Tp	0,1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0,2	0	0	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,1
Tp	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2
Tp	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2
Tp	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,2
Tp	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0,1	0	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	0	0,1	0	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

Croissance mensuelle en hauteur de plantules de *Tetraclinis articulata* (cm).

	janv -18	févr -18	mars -18	avr -18	mai -18	juin -18	juil -18	août -18	sept -18	oct -18	nov -18	déc -18	janv -19	févr -19	mars -19	avr -19	mai -19	juin -19	juil -19	août -19	sept -19	oct -19	nov -19	déc -19	janv -20	févr -20	mars -20	
CR t	0	0,1	0,2	0,4	0,5	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
CR t	0	0	0,2	0,5	0,5	0,5	0	0	0,1	0,3	0,2	0	0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,4	0,2	0,2	0	0,1	0,1	0,2	0	0	0	0,4
CR t	0	0,1	0,4	0,5	0,6	0,4	0	0	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,4	0,1	0,2	0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
CR t	0,1	0,1	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4
CR t	0	0	0,2	0,5	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0	0	0,2	0,5	0,7	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,5
CR t	0	0	0,3	0,5	0,6	0,4	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0	0	0,3	0,5	0,8	0,8	0,5	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,5
LB t	0	0	0,1	0,3	0,5	0,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,8	0,4	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,4
LB t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB t	0	0	0,1	0,3	0,5	0,3	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,4
LB t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ft	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ft	0	0	0,1	0,3	0,5	0,4	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,4	0,1	0,1	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0,4
Ft	0	0	0,1	0,2	0,5	0,3	0	0	0,1	0,3	0,1	0	0	0,1	0,3	0,4	0,5	0,3	0,1	0	0	0,1	0,3	0,1	0	0	0	0,3
Ft	0	0	0,1	0,2	0,4	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,4
Ft	0	0	0,1	0	0,4	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,1	0,1	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0,3

Ft	0	0	0,1	0,3	0,4	0,3	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0	0,2	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,3
BR t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BR t	0	0	0,1	0,2	0,4	0,3	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0,2	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1	0,2	0	0	0,1	0,1	0	0	0,5
BR t	0	0	0,1	0,3	0,4	0,4	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,1	0,4	0,5	0,5	0,4	0,1	0,2	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,4
BR t	0	0	0,1	0,4	0,4	0,4	0	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,2	0,4	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0	0,1	0,2	0,1	0	0	0,4
BR t	0	0	0,1	0,2	0,4	0,4	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,2	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0,4
BR t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tt	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0
Tt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tt	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0
Tt	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0
Tt	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0

Croissance mensuelle en hauteur de plantules de *Juniperus oxycedrus* (cm).

	janv -18	févr -18	mars -18	avr -18	mai -18	juin -18	juil -18	août -18	sept -18	oct -18	nov -18	déc -18	janv -19	févr -19	mars -19	avr -19	mai -19	juin -19	juil -19	août -19	sept -19	oct -19	nov -19	déc -19	janv -20	févr -20	mars -20
CR <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,3	0,3	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,5	0,3	0,1	0	0	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,3
CR <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,5	0,4	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,3	0,1	0	0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
CR <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	0,5	0,4	0,1	0	0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
CR <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,5	0,3	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,5	0,3	0,1	0	0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
CR <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
CR <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,4	0,3	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
LB <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB <sub>g</sub>	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LB <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1
LB <sub>g</sub>	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0,1

Fg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fg	0	0	0	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1
Fg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fg	0	0	0	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1
Fg	0	0	0	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1
Fg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BR <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BR <sub>g</sub>	0	0	0	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1
BR <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BR <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BR <sub>g</sub>	0	0	0	0,2	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1
BR <sub>g</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1
Tg	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tg	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1
Tg	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1

**Annexe 5 : Densité mensuelle des plantules.**





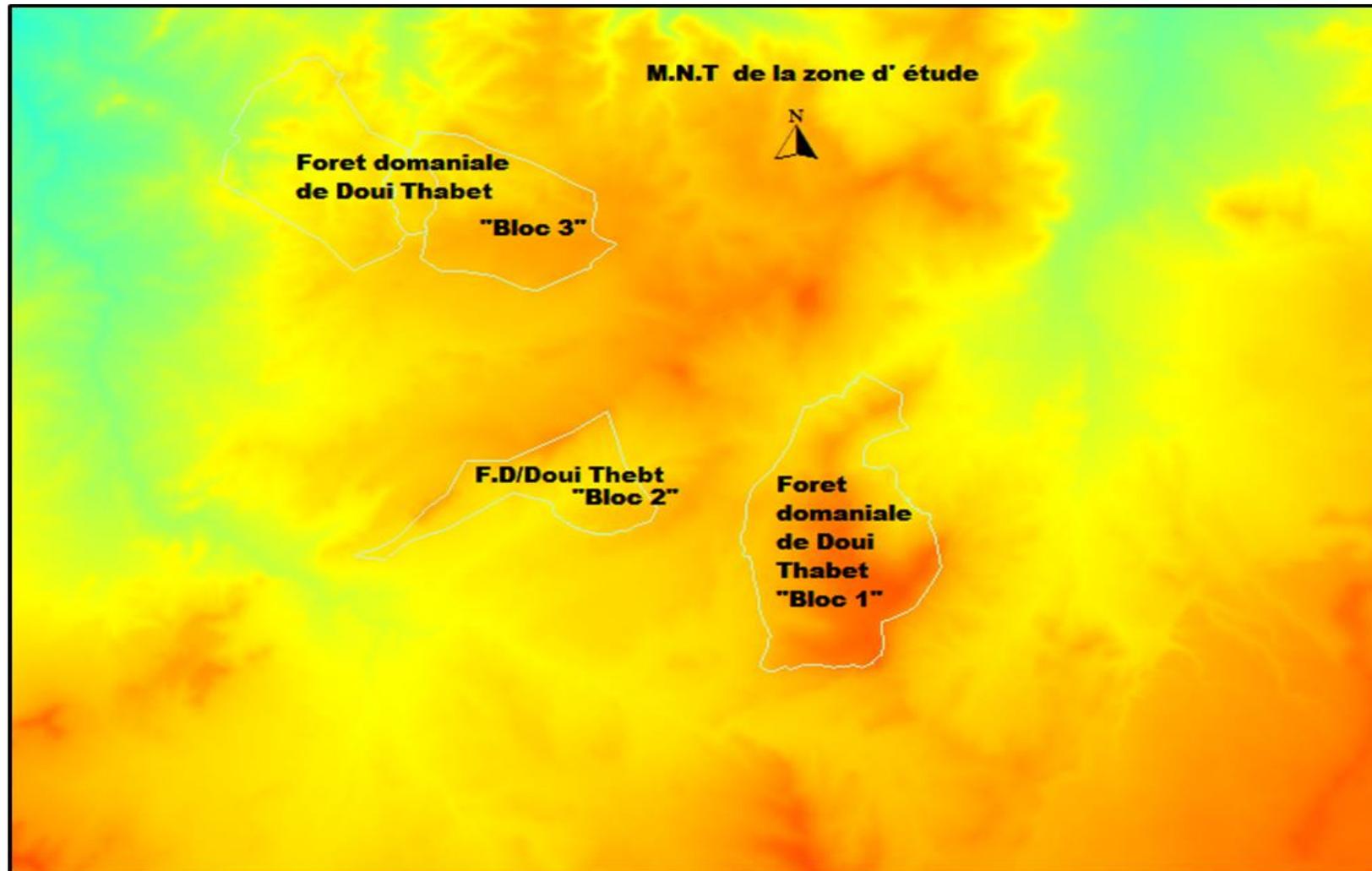




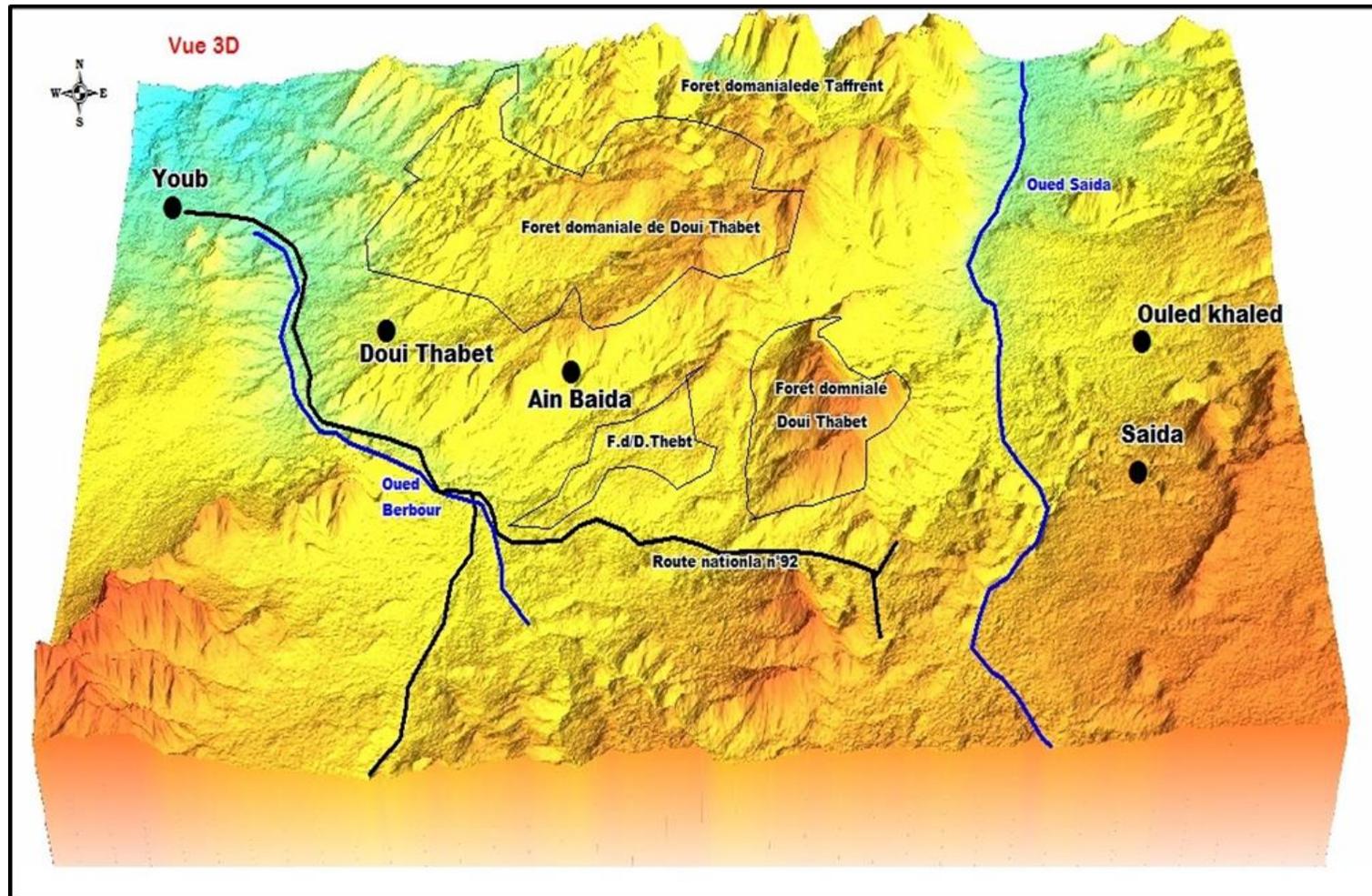




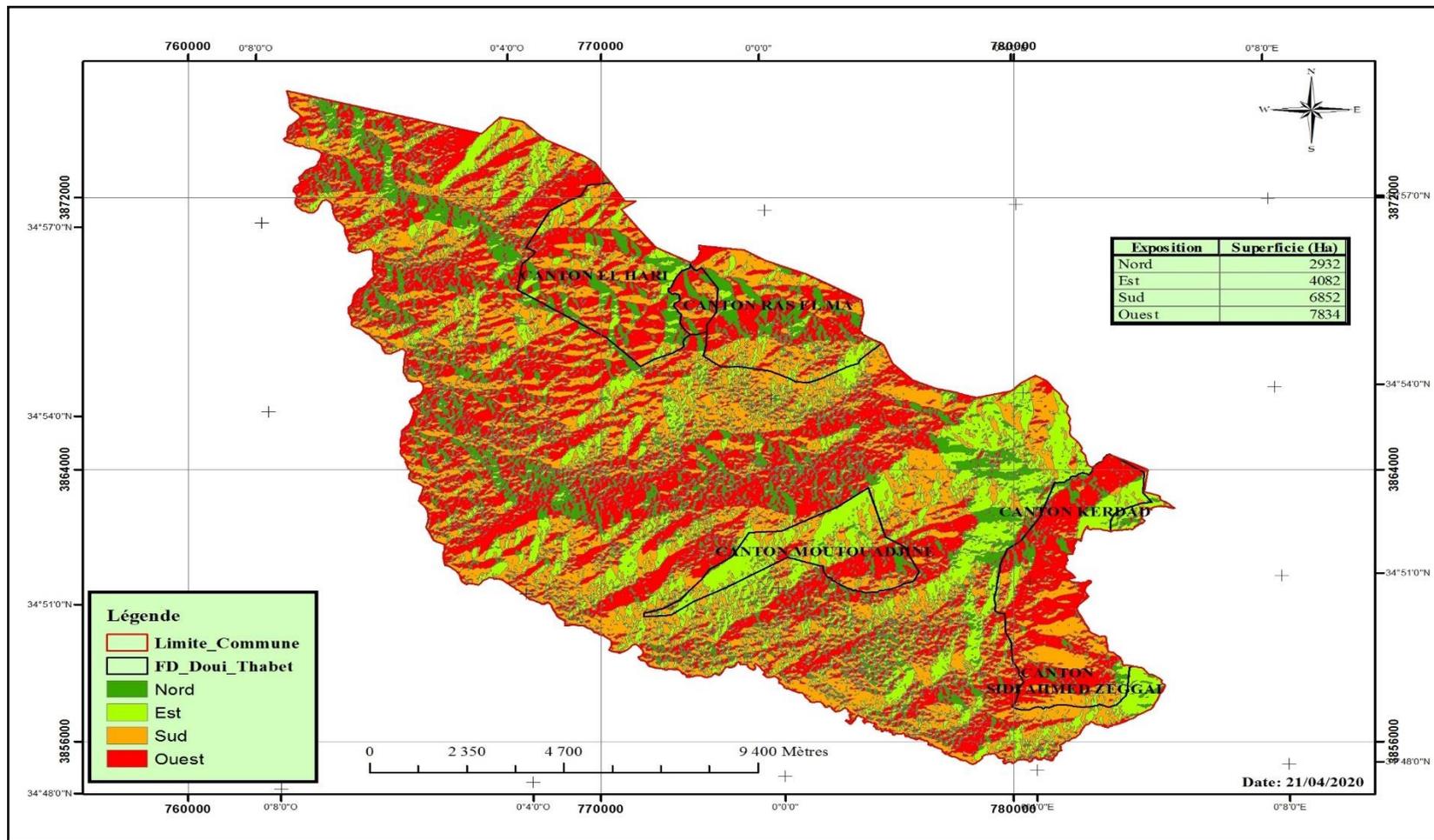
**Annexe 6 : cartes élaborées.**



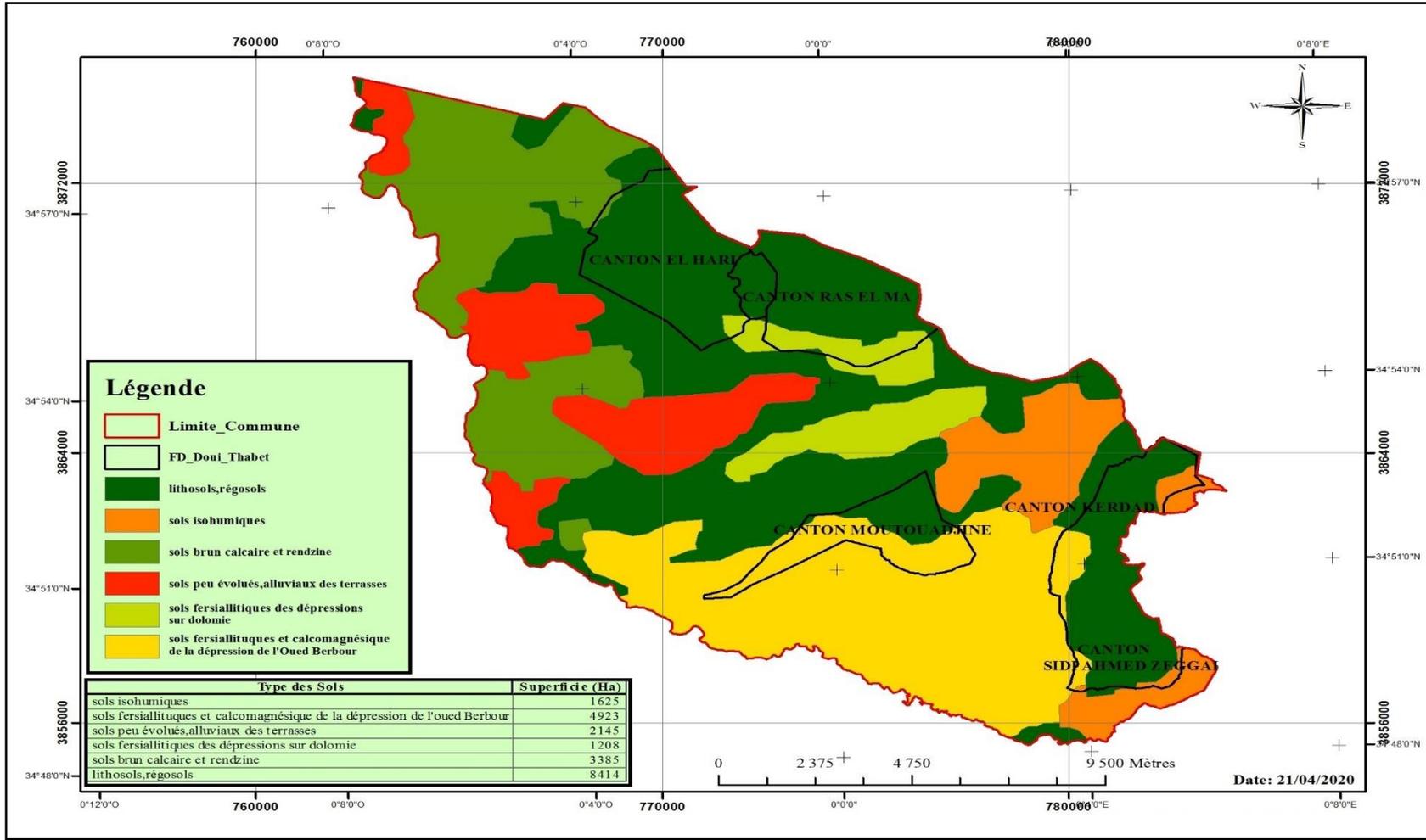
M.N.T de la zone d'étude [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].



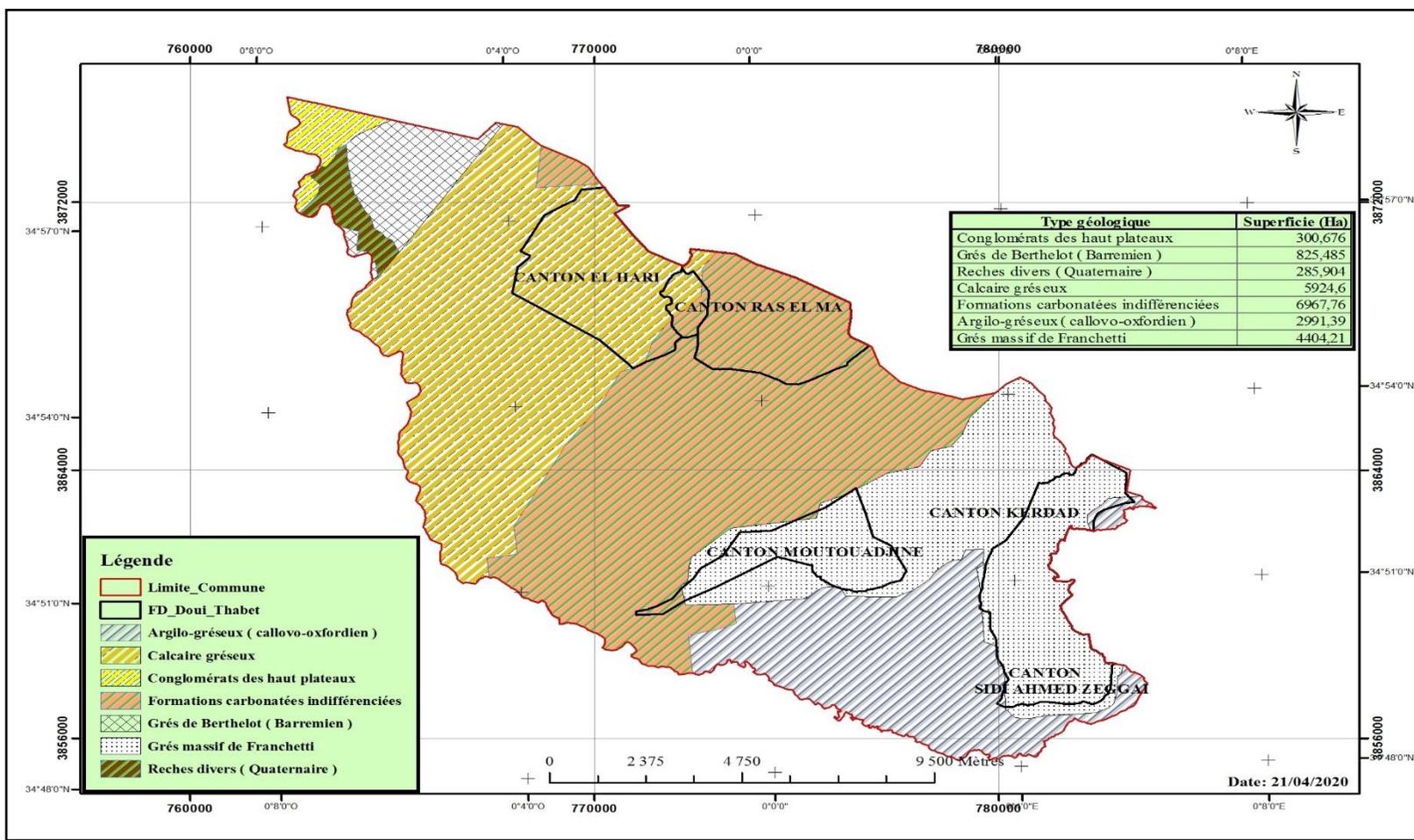
Vue en 3D du M.N.T de la région d'étude [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].



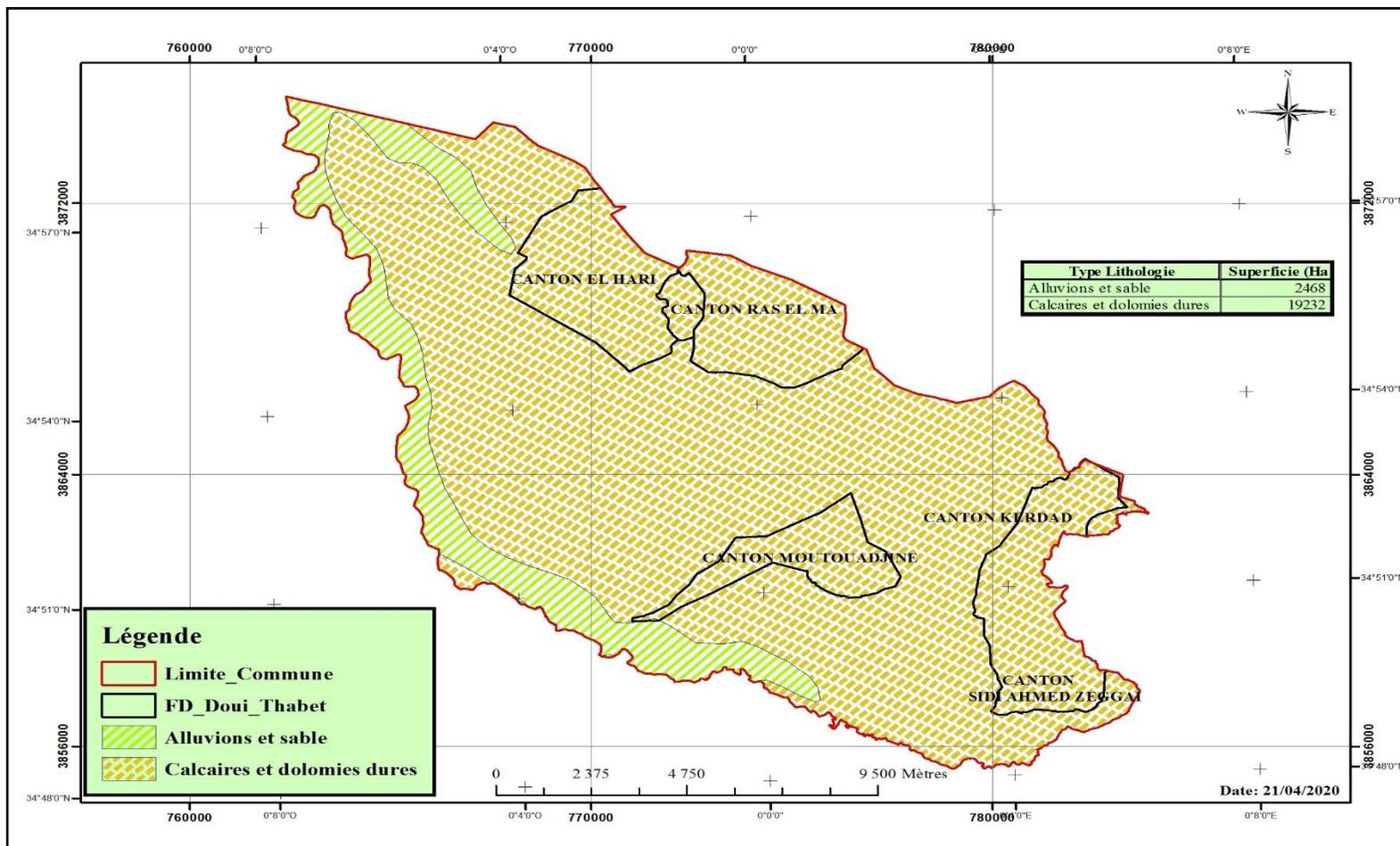
Carte des expositions de la zone d'étude [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].



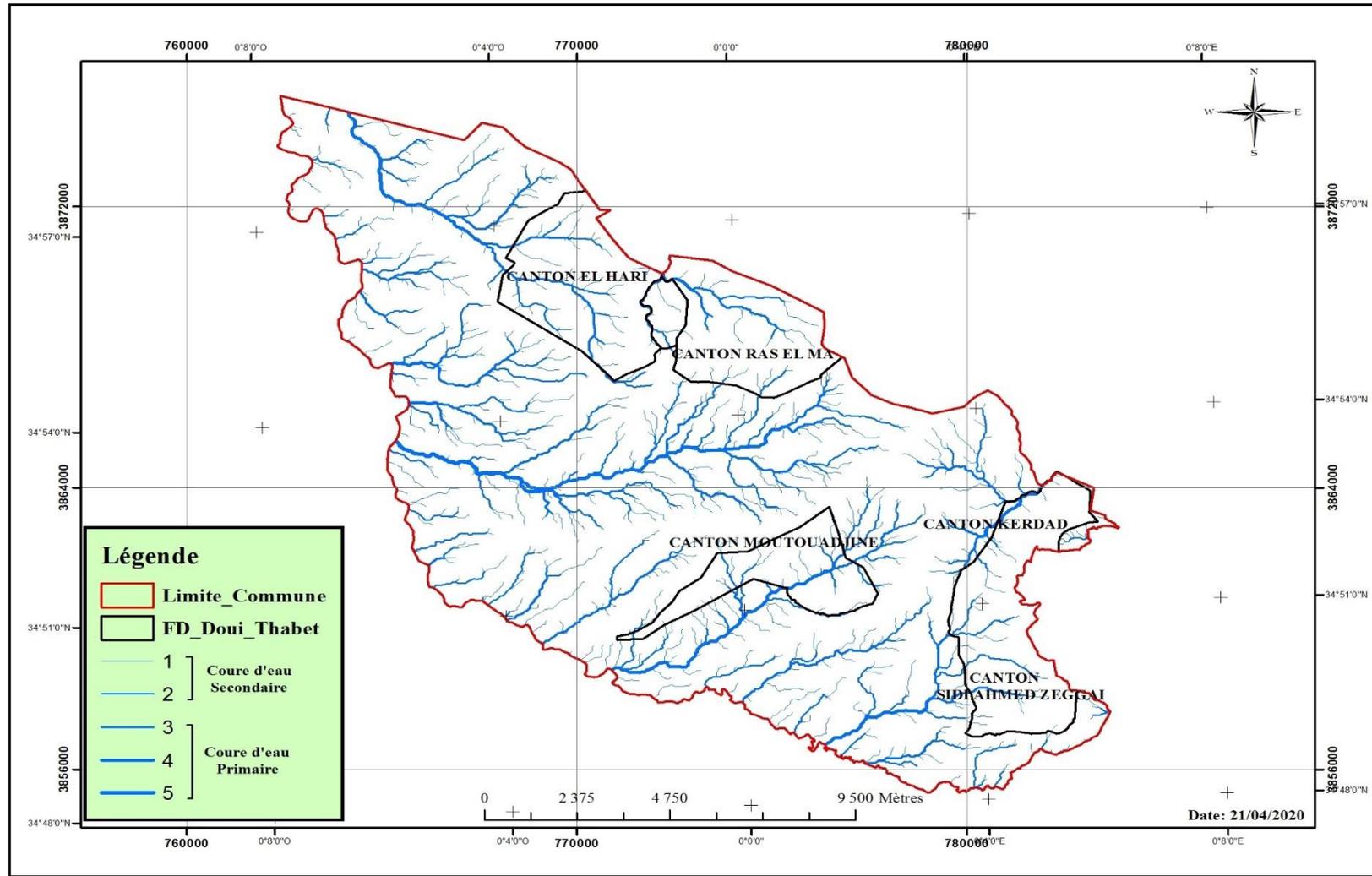
Carte pédologique de la zone d'étude [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].



Carte géologique de la zone d'étude [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].

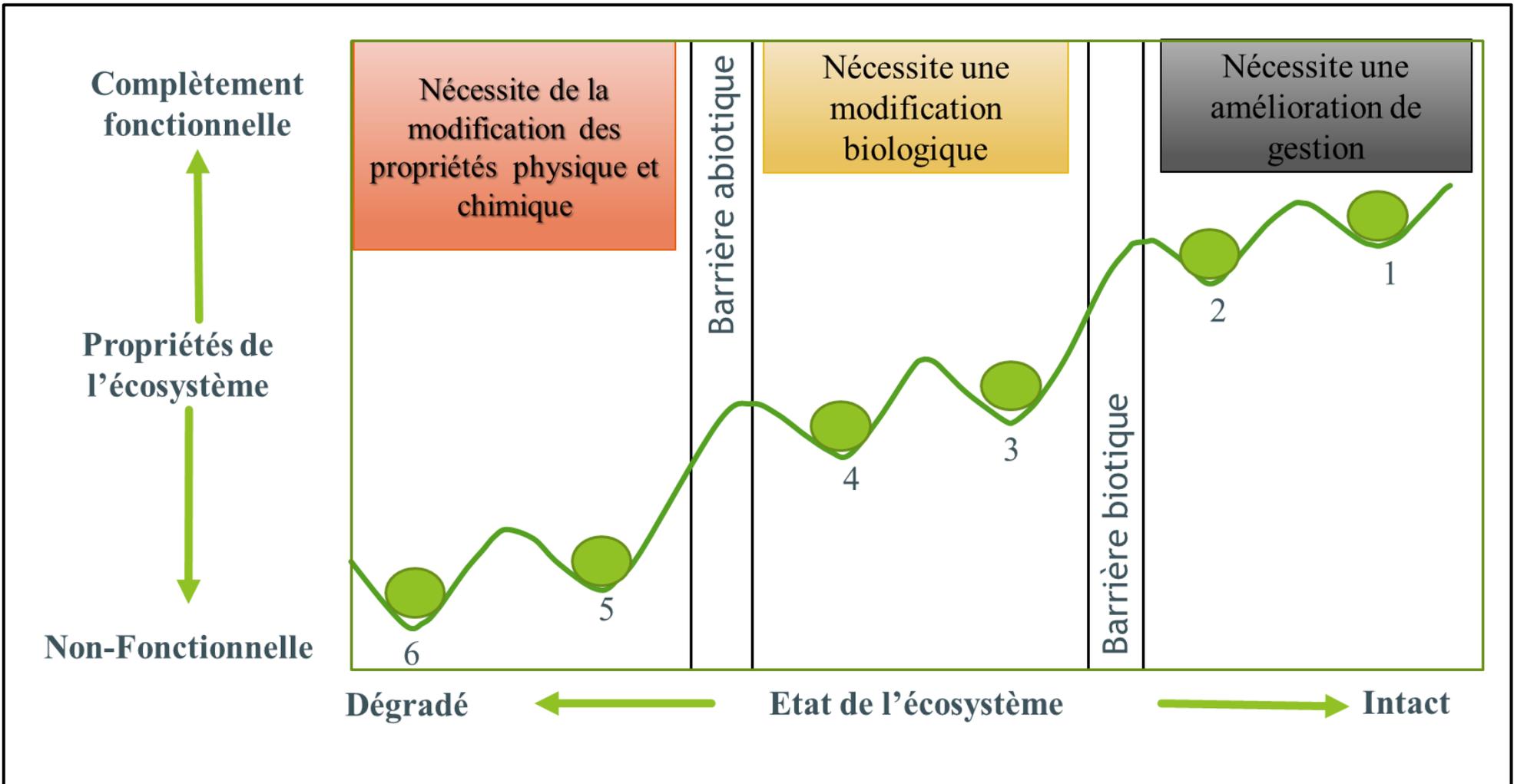


Carte lithologique de la zone d'étude [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].



Carte de réseau hydrographique superficiel de la zone de Doui Thabet [Source : AOUADJ Sid Ahmed, 2020].

Annexe 7 : Modèle de dégradation et restauration d'écosystème.



## ملخص :

الهدف من هذا العمل هو الاستعادة الايكولوجية للأنظمة البيئية الغابوية المتدهورة لذوي ثابت بجبال سعيدة غرب الجزائر ولهذا قمنا أولا بفحص ايكولوجيا ونباتيا لهذه المنطقة من أجل معرفة مقدراتها الايكولوجية والنباتية وكذلك معرفة نوع حركيتها وحجم التدهور ونوعه المسلط عليها عن طريق حساب العديد من المؤشرات ثم اختصار مجموعة تقنيات من أجل تجديد الاصناف النباتية الرائدة. نتائج الفحص أظهرت ان هذه المنطقة تزخر بتنوع بيولوجي مهم حيث يقدر ب 344 صنفا نباتيا مقسم على 77 عائلة و 223 جنسا أين يعد الصنوبر الحلبي، العرعار الجبلي و العرعار الشريبي (طاقا) أصناف غابوية رائدة كما تحتوي على 30 صنف نادرا و 26 صنفا مستوطنا و 9 أصناف محمية و 73 نباتا طبييا (استعمال محلي)، أيضا على 6 اوركيدي منها ما هو نادرا ومستوطنا ومحمي بالمرسوم 03/12 للجمهورية الجزائرية و/أو للاتحاد العالمي لصون الطبيعة. كما أظهرت وجود تهديدا من طرف النشاط البشري جد خطير حيث ان مؤشر الرعي يقدر ب 90 بالمئة ومؤشر النشاط البشري يقدر ب 28 (بدون وحدة).

نتائج تجرية تقنيات الاستعادة الايكولوجية (التربة والنبات) أظهرت ان تقنية الحرق مناسبة جدا لتجديد الاصناف النباتية الثلاثة الرائدة لغابات ذوي ثابت (تتراوح الكثافة بين 1.8 الى 34.5 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو بين 3 الى 11 سم/3 سنوات). تقنية الحرق المؤطر مناسبة لتجديد العرعار الجبلي (تقدر الكثافة بين 4.9 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 3.5 سم/3 سنوات) و من ناحية أخرى فان كفاءته متوسطة مقارنة بتقنية الحرق بالنسبة للصنوبر الحلبي (تقدر الكثافة بين 3.5 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 5 سم/3 سنوات) وأيضا مقارنة بتقنية الحرق بالنسبة للعرعار الشريبي (طاقا) (تقدر الكثافة بين 0.6 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 0.6 سم/3 سنوات). أما بالنسبة لتقنية السحق الميكانيكي فكفاءته متوسطة بالنسبة للصنوبر الحلبي (تقدر الكثافة بين 3.5 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 5 سم/3 سنوات) وأيضا بالنسبة للعرعار الشريبي (طاقا) (تقدر الكثافة بين 0.6 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 1.8 سم/3 سنوات) ومنخفضة بالنسبة للعرعار الجبلي (تقدر الكثافة بين 2.3 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 3 سم/3 سنوات). الحرق العميق غير مجدي للعرعار الجبلي (تقدر الكثافة بين 2.4 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 4.5 سم/3 سنوات) لكنه متوسط الفعالية بالنسبة للصنوبر الحلبي (تقدر الكثافة بين 3.6 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 5 سم/3 سنوات) و كذا بالنسبة للعرعار الشريبي (طاقا) (تقدر الكثافة بين 0.6 شتلة/متر مربع/ 3 سنوات و نمو مقدر ب 0.4 سم/3 سنوات).

**الكلمات المفتاحية :** تقنيات؛ الاستعادة الايكولوجية؛ الحركية؛ أنظمة بيئية متدهورة؛ جبال سعيدة.

## Résumé :

Le but de ce travail est la restauration écologique des écosystèmes forestiers dégradés de Doui Thabet (monts de Saida-Ouest Algérie). Pour cela nous avons effectué un diagnostic phyto-écologique de cette région afin de connaître ses potentialités phyto-écologiques, l'étendue, le type de dynamique et de dégradation qu'elle a subie. Nous avons ensuite testé un ensemble de techniques du sol et de végétation, pour la régénération des essences végétales pionnières. Les résultats du diagnostic ont montré que cette région présente d'une diversité biologique importante. Elle est estimée à 344 taxons réparties en 77 familles et 223 genres où *Pinus halipensis*, *Tetraclinis articulata* et *Juniperus oxycedrus* sont des essences forestières pionnières. Elle contient également 30 espèces rares, 26 endémiques, 9 protégés et 73 plantes médicinales (usage local), ainsi que 6 espèces d'orchidées, dont certaines sont rares, endémiques et protégées soit par le décret 12/03 de la République Algérienne et/ou par l'U.I.C.N. Ce diagnostic a également montré qu'il existe une menace de la pression humaine. Le coefficient de surpâturage et l'indice de l'action anthropique sont très élevés (respectivement 92.3 % et 28 sans unité). L'application des techniques de restauration écologique (du sol et de végétation) a montré que le crochitage très adapté à la régénération de ces trois essences forestières pionnières de Doui Thabet (une densité de 1.8 à 34.5 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 3 à 11 cm/3 ans). Le brûlage dirigé est très adapté à la régénération de *Tetraclinis articulata* (une densité de 4.9 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 3.5 cm/3 ans) par contre son efficacité est moyenne par rapport au crochitage pour *Pinus halepensis* (une densité de 3.5 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 5 cm/3 ans) et *Juniperus oxycedrus* (une densité de 0.6 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 0.6 cm/3 ans). Quant au broyage, son efficacité est moyenne pour *Pinus halepensis* (une densité de 3.5 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 5 cm/3 ans) et *Juniperus oxycedrus* (une densité de 0.6 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 1.8 cm/3 ans), il est très faible pour *Tetraclinis articulata* (une densité de 2.3 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et croissance de 3 cm/3 ans). Le labour profond est inutile pour *Tetraclinis articulata* (une densité de 2.4 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et croissance entre 0 à 4.5 cm/3 ans), il est moyen pour *Pinus halepensis* (une densité de 3.6 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 5 cm/3 ans) et *Juniperus oxycedrus* (une densité de 0.6 levée/m<sup>2</sup>/3 ans et une croissance de 0.4 cm/3 ans).

**Mots clés :** Techniques, restauration écologique, dynamique, écosystèmes dégradés, monts de Saida.

## Abstract :

The aim of this work is the ecological restoration of degraded forest ecosystems of Doui Thabet (mounts of Saida-West Algeria) and for this we first carried out a phyto-ecological diagnosis of this region in order to know its potential as the extent and the type of dynamics and degradation on it using degradation indices, then tested a set of soil and vegetation techniques for the regeneration of pioneer plant species. The results of the diagnosis have shown that this region is rich in significant biological diversity. It is estimated at 344 taxa divided into 77 families and 223 genera where *Pinus halipensis*, *Tetraclinis articulata* and *Juniperus oxycedrus* are pioneer forest species. It also contains 30 rares, 26 endemics, 9 protected taxa and 73 medicinal plants (local use), as well as 6 orchids species, some of which are rare, endemic and protected either by decree 12/03 of the Algerian Republic and/or by I.U.C.N. This diagnosis also showed that there is a threat of human pressure. The overgrazing coefficient and the human action index are very high (92.3% and 28 without unit) respectively. The application of ecological restoration techniques (soil and vegetation) has shown that turning (scarification of soil) is very suitable for the regeneration of these three pioneer forest species of Doui Thabet (a density of 1.8 to 34.5 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth from 3 to 11 cm / 3 years). Controlled burning is very suitable for the regeneration of *Tetraclinis articulata* (a density of 4.9 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth of 3.5 cm / 3 years) on the other hand its efficiency is average compared to picking for *Pinus halepensis* (a density of 3.5 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth of 5 cm / 3 years) and *Juniperus oxycedrus* (a density of 0.6 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth of 0.6 cm / 3 years). As for the mechanical grinding (chopping), its efficiency is average for *Pinus halepensis* (a density of 3.5 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth of 5 cm / 3 years) and *Juniperus oxycedrus* (a density of 0.6 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and growth of 1.8 cm / 3 years), it is very low for *Tetraclinis articulata* (a density of 2.3 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and growth of 3 cm / 3 years). Deep plowing (tillage) is unnecessary for *Tetraclinis articulata* (a density of 2.4 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and growth between 0 to 4.5 cm / 3 years), it is medium for *Pinus halepensis* (a density of 3.6 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth of 5 cm / 3 years) and *Juniperus oxycedrus* (a density of 0.6 emergence / m<sup>2</sup> / 3 years and a growth of 0.4 cm / 3 years).

**Keywords :** Techniques, ecological restoration, dynamics, degraded ecosystems, mounts of Saida.