

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mentouri Constantine

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Ecologie**

Mémoire

**Présenté pour l'obtention du Diplôme de Magister en Ecologie Végétale
Option : Ecophysiologie et Biotechnologie Végétale**

Ordre N° : 082/Maj/2010

Série N° : 005/SN/2010

Thème

**Contribution à l'étude du comportement
écophysiologique du genre *Tamarix* dans différents
biotopes des zones arides de la région de Khenchela**

**Présenté par :
Mr KHABTANE Abdelhamid**

Devant le Jury

**Président: Med Habib Benderradji
Rapporteur: Châabane Rahmoune
Examineur: Med Ridha Djebar
Examineur Djamel Alatou**

**Pr UM Constantine
Pr UM Constantine
Pr UBM Annaba
Pr UM Constantine**

10-Mars-2010

SOMMAIRE

TITRE	PAGE
Dédicace	
Remerciements	
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I : LE MILIEU PHYSIQUE

I.1. Présentation générale de la région de kenchela	04
I-1-1.Situation géographique	04
I-1-2.Approche géologique générale	06
I-1-3. Aperçu géomorphologique général :.....	08
I-2.Choix des sites d'étude	08
I-2.2. Présentation des sites d'étude.....	10
A- Site N°01 : Garat El Taref.....	10
A-1.Coordonnées géographiques.....	10
A-2. Situation géographique.....	10
A-3. La géologie.....	12
A-3-1. Les formations du Quaternaire.....	12
A-3-1.1. Eboulis à blocs.....	12
A-3-1.2. Alluvions récentes ou actuelles	13
A-3-1.3. Terres arables, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé	13
A-3-1.4. Glacis polygéniques nappant les reliefs.....	13
A-3-1.5. Villafranchien probable : croûtes calcaires.....	13
A-3-1.6. Sebkha.....	14
A-3-1.7. Formations dunaires (lunettes)	14
A-3-2.Cretace.....	14
A-3-2.1 Aptien supérieur calcaire bien lité à Miliolidés et Orbitolines, rares intercalations dolomitiques ocre	14
A-4. Hydrologie	14
B- Site N° 02: Oued El Arab.....	15
B-1. Les coordonnées géographiques	15
B-2. Situation géographique.....	15

B-3. La géologie.....	18
B-3.1. Tectogénèse et formation du relief en période tertiaire	18
B-3. 2. Crétacé inférieur.....	18
B-3. 3. Crétacé supérieur	19
B-3. 4. Le Quaternaire.....	19
B-4. L'hydrologie.....	19
C- Site N°03 : Ariche Ouazame.....	20
C-1. Coordonnées géographiques.....	20
C-2. Situation géographique.....	20
C-3. La géologie	23
C-3-1. Dépôts du quaternaire actuels	23
C-3-2.Dépôts du quaternaire ancien (Terrasse)	23
C-3-3. Les formations du tertiaire.....	23
C-3-3.1.Pliocène	23
C-3-3.2. Miocène	24
C-3-3.2.1. Miocène supérieur (Pontien)	24
C-3-3.3. Paléogène.....	24
C-3-3.3.1. Eocène moyen (Lutétien)	24
C-3-3.3.2.Eocène inférieur	24
C-3-4. Les formations du secondaire et les formations du tertiaire	24
C-3-4.1. Pliocène	24
C-3-5. Les formations du secondaire	25
C-3-5.1. Le crétacé supérieur	25
C-3-5.1.1. Le cénomanien supérieur	25
C-3-5.1.2. Le cénomanien inférieur	25
C-3-5.1.3. Turonien	25
C-3-5.1.4.Cénomanien	25
C-3-5.2.Le crétacé inférieur.....	25
C-3-5.2.1.Albien	25
C-3-5.2.2.Aptien	26
C-3-5.2.3.Turonien	26
C-4. L'hydrologie.....	26
I-3. Conclusion.....	27

CHAPITRE II : ETUDE CLIMATIQUE

Introduction	29
II. 1. Choix des stations météorologiques.....	29
II.2. Analyses des paramètres climatiques	31
II.2.1 Les précipitations	31
II-2-1.1 Corrections des précipitations.....	31
II. 2-1-1.1 Principe de la méthode des rapports.....	31
II.2.1.2. Le régime interannuel des précipitations (variation interannuelle)	32
A) à la station d'El Hamma.....	32
B) à la station de Babar.....	33
C) à la station de Biskra.....	34
II.2.1.3. Le régime saisonnier	36
A) à la station d'El Hamma.....	37
B) à la station de Babar.....	37
C) à la station de Biskra.....	38
II.2.1.4. Variation et régime des précipitations mensuelles.....	39
II.2.1.4.1. Variabilité des précipitations mensuelles dans le temps.....	39
II.2.1.4.2. Variabilité des précipitations dans l'espace	40
II.2.2. Les températures.....	41
Introduction.....	41
II.2.2.1 Les températures minimales absolues.....	41
II.2.2.2. Les températures maximales absolues:	42
II.2.2.3. Les températures moyennes minimales mensuelles.....	43
II.2.2.4. Les températures moyennes maximales mensuelles.....	44
II.2.2.5. les températures moyennes mensuelles.....	45
II.2.2.6. L'amplitude thermique annuelle.....	47
II.3 .La synthèse climatique	47
II.3.1. Le diagramme ombro-thermique	47

II.3.2. Le climagramme d'EMBERGER.....	50
II.4. Autres paramètres	52
II.4. 1. L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	52
II.4. 2. L'humidité relative.....	54
II.4. 3. Les vents.....	56
II.4. 4. Durée de l'insolation	57
II.5. Conclusion.....	58

CHAPITRE III : ETUDE EDAPHIQUE

Introduction	60
III.1. Méthodologie	60
III.2. Analyses Physico-chimiques.....	60
III.2.1 Analyse physique	60
III.2.1 .1. L'analyse granulométrique	61
III.2.1.1.1. Méthodes par tamisage	61
III.2.1. 1.2. Méthode de sédimentation	61
III.2.1.1.3. Réalisation des mesures	62
A) Le site de Garat El Taref.....	66
B) Le site de Oued El Arab.....	67
C) Le site de Ouazarne.....	68
III.2.1.2. Mesure de pH	69
III.2.1.3. Détermination de conductivité électrique	70
III.2.2. Analyse chimique	72
III.2.2. 1. Dosage de calcaire.....	72
III.2.2. 1.1. Dosage de calcaire total (carbonates totaux CaCO ₃)	72
III.2.2. 1.2. Dosage de calcaire actif (Ca ⁺⁺).....	74
III.2.2.2 Détermination de la teneur pondérale en matière organique	75
III.3. Conclusion	77

CHAPITRE IV : ETUDE BIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DU GENRE *TAMARIX*

Introduction.....	79
IV.1. Caractères généraux de la famille <i>Tamaricacée</i>	79
IV.2. Description du genre <i>Tamarix</i>	83
IV.2.1. Historique.....	83
IV.2.2. Synonyme	83
IV.2.3. Taxonomie du genre <i>Tamarix</i>	83
IV.2.3.1. Selon la classification phylogénétique (l'APG)	83
IV.2.3.2 Selon la classification classique.....	85
IV.2.4. Aire de répartition du genre <i>Tamarix</i>	86
IV.3 Les caractères botaniques et la biologie du genre <i>Tamarix</i>	87
IV.3. 1. Les caractères botaniques	87
IV.3. 1. 1. La forme générale	87
IV.3. 1. 2. Les rameaux	88
IV.3. 1. 3. Les feuilles.....	88
IV.3. 1. 4. Les glandes sécrétantes des sels.....	91
IV.3. 1. 5. L'inflorescence.....	93
IV.3. 1. 6. Les fleurs.....	93
IV.3. 1. 7. Les graines.....	97
IV.3. 1. 8. Le système racinaire.....	99
IV.3. 1. 8.1. La couronne du système racinaire.....	102
IV.3. 2. Les caractères biologiques.....	103
IV.3. 2. 1. La multiplication.....	103
IV.3. 2. 1.1. La multiplication par les graines.....	103
IV.3. 2. 1.2. La multiplication par voie végétative.....	104
IV.3. 2. 2. Rythme de croissance.....	105
IV.3. 2. 3. Longévité du genre <i>Tamarix</i>	106
IV.4. L'écologie du genre <i>Tamarix</i>	107
IV.4. 1. L'habitat.....	107
IV.4. 2. Le sol.....	107
IV.4. 3. La salinité.....	107

IV.4. 4. Le pH.....	108
IV.4. 5. Acquisition de l'eau.....	108
IV.4. 6. Résistance au feu.....	109
IV.4. 7. Le rôle hydrologique et sédimentaire.....	111
IV.5. Les utilisations du genre <i>Tamarix</i>	112
IV.5. 1. Comme aliment au bétail (palatabilité).....	112
IV.5. 2. Comme plante importante en apiculture.....	113
IV.5. 3. Comme plante médicinale	113
IV.6. Conclusion.....	117

CHAPITRE V : ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE ET BIOMETRIQUE DU GENRE *TAMARIX*

Introduction.....	119
V.1. L'étude phytosociologique.....	120
V.1.1. Définition et historique.....	120
V.1.1. 1. L'école de Zurich-Montpellier (Flahault et Braun-Blanquet, 1915)	120
V.1.1. 2. L'école d'Upsala (Du Rietz, 1921)	121
V.1.1. 3. L'école esthonio-américaine (Lipmaa, 1933)	121
V.1.1. 4. Les écoles dynamistes : le système de Clements (1916) et l'école de Toulouse (GAUSSEN, REY, 1933-1955)	122

V.1.1. 5. La phytosociologie synusiale intégrée (DE Foucault, Gillet, Julve, 1980)	122
V.1.2. Méthodes phytosociologiques.....	123
V.1.2.1.Abondance/dominance	124
V.1.2.2.Sociabilité	124
V.1.3. La notion d'aire minimale.....	125
V.1.4. Détermination des espèces	126
V.1.4.1. Présentation des résultats.....	127
A) Le site de Garat El Taref.....	127
C) Le site d'Oued El Arab.....	129
C) Le site d'Ouazerne.....	130
V.1.4.2. Interprétation des résultats.....	130
V.2. L'étude morphométrique.....	131
V.2.1. définition	131
V.2.2. <i>Méthodologie</i>	131
V.2.3. Présentation des résultats.....	135
V.2.3.1.étude des plans âgés.....	132
A) Le site Garat El Taref.....	132
B) le site de Oued El Arab.....	134
C) le site d'Ouazarne.....	135
V.2.3.2. Interprétation des résultats.....	136
V.2.3.3.etude des jeunes pousses.....	138
V.2.3.3.interpretation des résultats.....	139
V.3. L'étude histométrique.....	139
V.3.1. Définition	139
V.3.2. Les coupes histologiques.....	140
V.3. 2.1. Méthodologie	140
V.3.2.1.1 Mode opératoire	140
A). Matériel utilisé	140
B) Méthode	141
B-1) Préparation et réalisation des coupes anatomiques	141
B-2).La double coloration des coupes	141
B-3) La technique.....	142
V.3.2.1.2.Interprétation des résultats.....	142

A) Les mesures de la tige.....	142
B) Les mesures de la racine.....	144
C) le rapport entre les épaisseurs des tissus de la racine et les tissus de la tige.....	146
D) La corrélation entre les tissus.....	147
D-1) la corrélation entre les tissus des rameaux.....	147
D-2) la corrélation entre les tissus des racines.....	149
Conclusion.....	151
Conclusion générale et perspectives.....	152
Bibliographie.....	155

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°	TITRE	PAGE
- Tableau 01 :	Données géographiques des stations météorologiques avec la série d'observation.....	30
- Tableau 02 :	Moyennes mensuelles des Précipitations aux stations : d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)	35
- Tableau 03 :	Le régime saisonnier des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	36
- Tableau 04 :	Les valeurs du régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra(période 1995-2007).....	40
- Tableau 05 :	Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	41
-Tableau 06 :	Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	42
- Tableau 07 :	Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	43
- Tableau 08 :	Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d'El Hamma,	

de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	44
- Tableau 09 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	46
- Tableau 10 : Les valeurs de l'amplitude thermique aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	47
- Tableau 11: Les valeurs du quotient pluviométrique d'EMBERGER aux stations de El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	50
- Tableau 12 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle(en mm) aux station de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007).....	53
- Tableau 13 : Les valeurs mensuelles de l'humidité relative (en %) aux station de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007).....	54
- Tableau 14 : Les valeurs mensuelles de la vitesse des vents (en m/s) aux station de Biskra et El Hamma (période (1995-2007).....	56
- Tableau 15 : Les valeurs mensuelles de l'insolation en (heurs/mois) aux station de Biskra.....	57
- Tableau 16 : Les classes texturales selon les normes françaises.....	63
- Tableau 17 : Résultats d'analyse granulométrique pour les trois stations.....	63

- Tableau 18: Les classes texturales des sols des trois sites d'étude.....	65
- Tableau 19 : Les résultats de mesure du pH dans les trois sites d'étude.....	70
- Tableau 20: Les résultats de mesure de la conductivité électrique dans les trois sites d'étude	71
- Tableau 21: L'échelle de classification des sols selon le taux du calcaire totale	73
- Tableau 22: Les résultats de dosage du calcaire total dans les trois sites d'étude	73
- Tableau 23 : Les résultats de dosage du calcaire actif dans les trois sites d'étude	75
- Tableau 24 : Echelle de détermination de la teneur pondérale en matière organique	76
- Tableau 25: Résultat de détermination du taux de la matière organique dans le sol dans les trois sites d'étude.....	76
- Tableau 26 : Les différents usages de <i>Tamarix</i> dans la phytothérapie traditionnelle.....	115
- Tableau 27 : Les familles les plus importantes inventoriées dans le site de Garat El Taref.....	127
- Tableau 28: La composition floristique du site de Garat El Taref.....	128
- Tableau 29: La composition floristique du site de Oued El Arab.....	129

- Tableau 30: La composition floristique du site de Ouazerne.....	130
- Tableau 31 : Les mesures morphométriques du site de Garat El Taref.....	133
- Tableau 32: Les mesures morphométriques du site de Oued El Arab.....	134
- Tableau 33: Les mesures morphométriques du site de Ouazerne.....	135
- Tableau 34 : Les mesures morphométriques des jeunes pousses de genre <i>Tamarix</i>	139
- Tableau 35 : Les résultats de mesure des coupes transversales des rameaux de <i>Tamarix sp.</i> dans les trois sites.....	143
- Tableau 36: Les résultats de mesure des coupes transversales des racines de <i>Tamarix sp.</i> dans les trois sites.....	144
- Tableau 37 : Les résultats des rapports entre les épaisseurs des tissus de la racine et de la tige de <i>Tamarix sp.</i> dans les trois sites.....	146
- Tableau 38 : Coefficient de corrélation entre les tissus de rameau de <i>Tamarix sp.</i> dans le site de Garat El Taref.....	148
- Tableau 39 : Coefficient de corrélation entre les tissus de rameau de <i>Tamarix sp.</i> dans le site de Oued El Arab.....	148
- Tableau 40: Coefficient de corrélation entre les tissus de rameau de <i>Tamarix sp.</i> dans le site de Ouazerne.....	148
- Tableau 41 : Coefficient de corrélation entre les tissus de la racine de <i>Tamarix sp.</i> dans le site de Garat El Taref.....	149

- Tableau 42 : Coefficient de corrélation entre les tissus de la racine de <i>Tamarix sp</i> dans le site de Oued El Arab.....	150
- Tableau 43: Coefficient de corrélation entre les tissus de la racine de <i>Tamarix sp</i> dans le site de Ouazerne.....	150

LISTE DES FIGURES

Figure N°	TITRE	PAGE
- Figure 01 :	Variation inter-annuelle des précipitations à la station d'El Hamma (période 1995-2007).....	33
- Figure 02 :	Variation inter-annuelle des précipitations à la station de Babar (période 1995-2007).....	33
- Figure 03 :	Variation inter-annuelle de précipitation à la station de Biskra (période 1995-2007).....	34
- Figure 04 :	Le régime saisonnier des précipitations à la station d'El Hamma- (période 1995-2007).....	37
- Figure N°05 :	Le régime saisonnier des précipitations à la station de Babar (période 1995-2007).....	38
- Figure 06 :	Le régime saisonnier des précipitations à la station de Biskra (période 1995-2007).....	38
- Figure 07:	Le régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	40
- Figure 08 :	Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	42
- Figure 09 :	Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	43

- Figure 10 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	44
- Figure 11 : Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	45
- Figure 12 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	46
- Figure 13 : Diagramme ombro-thermique d'EMBERGER à la station d'El Hamma période (1995-2007).....	48
- Figure 14 : Diagramme ombro-thermique d'EMBERGER à la station de Babar période (1995-2007).....	49
- Figure 15 : Diagramme ombro-thermique d'EMBERGER à la station de Biskra période (1995-2007).....	49
- Figure 16 : Le climagramme d'EMBERGER des stations de Elhamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007).....	51
- Figure 17 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (en mm) aux stations de Biskra et El Hamma (période (1995-2007).....	53
- Figure 18 : Les valeurs mensuelles de l'humidité relative (en %) aux station de Biskra et El Hamma (période (1995-2007).....	55
- Figure 19 : Les valeurs mensuelles moyennes de la vitesse des vents aux station de Biskra et El Hamma (période (1995-2007).....	56
- Figure 20: Diagramme de classification détaillée des textures	64
- Figure 21 : La classe de texture du sol de site de Garat El Taref.....	66
- Figure 22 : la classe de texture du sol de site de Oued El Arab.....	67
- Figure 23: la classe de texture du sol de la site de Ouazarne.....	68
- Figure 24: Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5.....	71
- Figure 25 : Position du clade des Caryophyllales dans les Angiospermes selon l'APG II 2003	80
- Figure 26 : Position de la famille <i>Tamaricacée</i> dans le clade des Caryophyllales selon l'APG II 2003.....	81

- Figure 27: Les principaux caractères botaniques de la famille <i>Tamaricacée</i>	82
- Figure 28 : La taxonomie du genre <i>Tamarix</i> selon l'APG II 2003.....	84
- Figure 29: La classification classique du genre <i>Tamarix</i> (classification de Cronquist, 1981).....	85
- Figure 30 : Forme de feuilles formant un fourreau autour de rameau chez <i>Tamarix aphylla</i>	89
- Figure 31: La structure d'une glande sécrétrice chez le <i>Tamarix</i>	92
- Figure N° 32 : Les différents types du disque floral chez le genre <i>Tamarix</i>	95
- Figure 33 : Les différentes formes des graines du genre <i>Tamarix</i>	98
- Figure 34 : Le système racinaire latéral chez le <i>Tamarix</i>	101
- Figure 35 : Le système racinaire latéral et pivotant chez le <i>Tamarix</i>	101
- Figure 36 : Détermination de l'aire minimale.....	126
- Figure 37 : Mode d'échantillonnage pour la réalisation de mesures morphométriques.....	132
- Figure 38 : Comparaison des paramètres morphométriques entre les trois sites de la région d'étude.....	137
- Figure 39 : Technique de coupe à main levée.....	140
- Figure 40 : Les résultats de mesure des coupes transversales des rameaux de <i>Tamarix sp.</i> dans les trois sites.....	143
- Figure 41 : Coupe transversale dans un rameau de <i>Tamarix sp.</i> âgée de deux ans.....	144
- Figure 42 : Les résultats de mesure des coupes transversales des racines de <i>Tamarix sp.</i> dans les trois sites.....	145
- Figure 43 : Coupe transversale dans une racine de <i>Tamarix sp.</i> âgée de deux ans.....	145
- Figure 44 : Les résultats des rapports entre les épaisseurs des tissus de la racine et de la tige de <i>Tamarix sp.</i> dans les trois sites.....	147

LISTE DES CARTES

N°	TITRE	PAGE
	Carte 01 : la situation géographique de la région de Khenchela.....	05
	Carte 02 : La géologie de la région de Khenchela.....	07
	Carte 03 : répartition des sites d'étude à travers la région de Khenchela au 1/200000.....	09
	Carte 04: La situation géographique du site N°01 (Garat El Taref)	12
	Carte 05 : La situation géographique du site N°02 (Oued El Arab) au 1/50000.....	17
	Carte 06 : La situation géographique du site N°03 (Ouazarne) au 1/50000.....	22
	Carte 07 : l'aire d'origine de répartition du genre <i>Tamarix</i>	86

DEDICACE

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A....

- MES PARENTS

*- MA CHERE EPOUSE POUR SON
SOUTIEN ET SES ENCOURAGEMENT*

- MES CHERS ENFANTS :

ALAA ;

ABD EL BARI

Et

DJOUMANA

REMERCIEMENTS

Merci à Dieu le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science.

Au terme de ce travail, j'exprime mon vifs remerciements à :

- *Mon encadreur monsieur Mr. Rahmoune Chaabane., Professeur au Département de Biologie et écologie à la faculté des sciences de l'Université Mentouri de Constantine, pour m'avoir encadrer tout le long de ce travail.*
- *Monsieur le professeur M^{ed} El Habib Ben Derradji de me faire l'honneur de présider le jury ; ainsi tout les membres de la commission de jury : monsieurs les professeurs Djamel Alatou et Med Ridha Djebar de UBM Annaba*
- *Monsieur Bouazza Mohamed Professeur auprès du département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, pour sa collaboration à l'identification des espèces et la détermination des tissus des coupes histologiques ;*
- *Monsieur Lazhar Boudraa Directeur de l'INSFP de Khenchela pour sa permission de réaliser mes travaux de laboratoire au sein de laboratoire de contrôle de la qualité de son établissement ;*
- *Mme. Menasria et Monsieur Roudesli Mourad responsables de laboratoire de contrôle de la qualité au sein de l'INSFP Khenchela ;*
- *Monsieur Merdassi Laarbi chef de district des forets de Babar pour sa collaboration et également à Monsieur Chorfi directeur de Barrage de Babar ;*
- *Mes collagues de promotion surtout Ahmed et Rima,*
- *Tout mes amis Surtout Kamel Menasria et Farou Abdelouahab ;*
- *Tout ceux qui sont contribués à la réalisation du ce mémoire*

MERCI

Résumé

Dans ce travail nous avons essayé de mettre l'accent sur le comportement de genre *Tamarix* dans des différents milieux sensibles aux phénomènes de la salinisation, de l'érosion et de la sécheresse dans la région steppique de Khenchela où ce genre représente un intérêt important pour la réhabilitation des écosystèmes dégradés.

Du point de vue géologique et édaphique le genre *Tamarix* occupe des différentes formations sur de substrats généralement alcalins et salés avec un pH variant entre 7.87 et 8.55, dans un climat semi-aride à désertique.

L'étude bibliographique nous a montrée que le genre *Tamarix* a un potentiel reproductif très important en produisant plus de 600 000 graine par individu avec un système racinaire très adapté aux conditions de déficit hydrique avec une capacité importante de stabilisation des sols sans comme il est utilisé en phytothérapie traditionnelle ou moderne en Europe.

Les études : floristique, morphométrique et histologique nous permettent d'envisager la richesse floristique de groupement à *Tamarix* et d'avancer certaines hypothèses en relation avec le milieu.

Mots clés : genre *Tamarix*, région steppique, Khenchela, étude floristique, étude morphométrique, étude histologique

Abstract

In this work we tried to put the accent on the behavior of genus of *Tamarix* in various mediums sensitive to the phenomena of the salinization, erosion and dryness in the steppe area of Khenchela where this kind represents an important interest for the rehabilitation of the degraded ecosystems.

From the geological and edaphic point of view the *Tamarix* genus occupies of the various formations on substrates generally alkaline and salted with a variable pH between 7.87 and 8.55, in a semi-arid climate and desert climate.

The bibliographical study showed us that the *Tamarix* genus with a very important reproductive potential while producing more than 600.000 seed by individual with a roots system very adapted to the conditions of hydrous deficit with an important capacity of stabilization of the grounds without as it is used in traditional or modern phytotherapy in Europe.

Studies: floristic, morphometric and histological allow us to consider the floristic richness of grouping in *Tamarix* and to advance certain assumptions in relation to the area.

Key words: *Tamarix* genus, steppe area, Khenchela, floristic study, morphometric study, histological study

ملخص

في هذا العمل حاولنا أن نبين السلوك الايكوفيزيولوجي لنبات الأثل (الطارفة) في أوساط مختلفة و جد حساسة لطواهر التعرية، الملوحة و الجفاف في الناحية السهبية لمنطقة خنشلة، أين يظهر هذا الجنس النباتي أهمية كبرى لإعادة التوازن لهذه الأنظمة البيئية المتدهورة.

من الناحية الجيولوجية و نوع التربة فان نبات الأثل يتواجد في تكوينات مختلفة، عموما تكون قاعدية مالحة مع درجة حموضة تتراوح بين 7.87 و 8.55، في مناخ شبه جاف إلى مناخ صحراوي. الدراسة النظرية لنبات الأثل بينت أن لهذا الجنس النباتي قدرة عالية للتكاثر عن طريق البذور (600000) بذرة للنبنة البالغة الواحدة أو عن طريق الاقتسال، مع توفره على مجموع جذري جد متلائم مع ظروف الإجهاد المائي مما يجعله ذا خاصية عالية في تثبيت التربة، كما يستعمل هذا النبات كدواء تقليدي أو حديث لعدة أمراض منها حتى السرطان. الدراسة النباتية، الدراسة المرفولوجية و الدراسة النسيجية سمحت لنا بالوقوف على التنوع النباتي المرافق لهذا النوع وإظهار بعض الفرضيات المتعلقة بالتكيف مع المسط.

الكلمات المفتاحية:

جنس الأثل، الناحية السهبية، خنشلة، الدراسة النباتية، الدراسة المرفولوجية، الدراسة النسيجية

Introduction générale

Il est confirmé depuis longtemps que les changements climatiques et les actions anthropozoogènes ont influencé gravement l'équilibre de différents écosystèmes, surtout dans les régions méditerranéennes, ce qui a accéléré les phénomènes de la sécheresse, l'érosion et la dégradation des sols par la remontée des sels, et par conséquent la dégradation du couvert végétal.

Toutes ces conditions ont abouti, de plus en plus, à l'élargissement de la surface steppique et désertique dont l'Algérie compte la partie majeure de son territoire, soit 95% de sa superficie sont des zones arides dont 80% et hyperarides.

Ces zones se caractérisent par l'extension particulièrement importante des milieux salés où les plantes halophytes s'installent particulièrement dans les étages bioclimatiques arides et semi-arides, entre autre la région de Khenchela où les phénomènes que nous avons cités au paravent sont ici typiques à cause de caractère agropastorale d'une part et de la position géographique de la région d'une autre part, qui constitue une région de transition entre le domaine atlasique au Nord et le domaine saharien au Sud.

Parmi les plantes qui trouvent refuge dans ces conditions stressantes du milieu le genre *Tamarix* qui malgré son existence dans des situations extrêmes du milieu a savoir : la salinité, les milieux inondés et plus secs du Sahara et son endémisme en Algérie et dans notre région n'a été jamais l'objet d'une étude qui peut mettre l'accent sur son intérêt dans les milieux qu'il colonise.

Pour envisager l'importance du genre *Tamarix* nous avons procédé à la réalisation de notre étude dans la zone aride de Khenchela, en choisissant trois biotopes différents selon un transect Nord-Sud (de Garat El Taref à l'extrême Nord à Ouazerne situé à l'extrême Sud (Sahara) en passant par Oued El Arab au centre de la zone d'étude).

Le premier site est une sebkha salée et inondée d'eaux plus de la moitié de l'année, le deuxième site est situé sur les deux rives d'un Oued à écoulement permanent et le troisième site est une zone quasiment désertique.

Pour répondre à ce but nous avons partagé notre travail en cinq (05) chapitres :

- Chapitre I : étude du milieu
- Chapitre II : étude climatique
- Chapitre III : étude édaphique
- Chapitre IV : Biologie et écologie du genre *Tamarix*
- Chapitre V : étude phytosociologique , morphométrique et histologique du genre *Tamarix*

Ce qui va nous permet de connaître le comportement écophysologique du ce genre dans ces différents biotopes



CHAPITRE I
LE MILIEU PHYSIQUE

I.1. Présentation générale de la région de kenchela

I-1-1.Situation géographique :

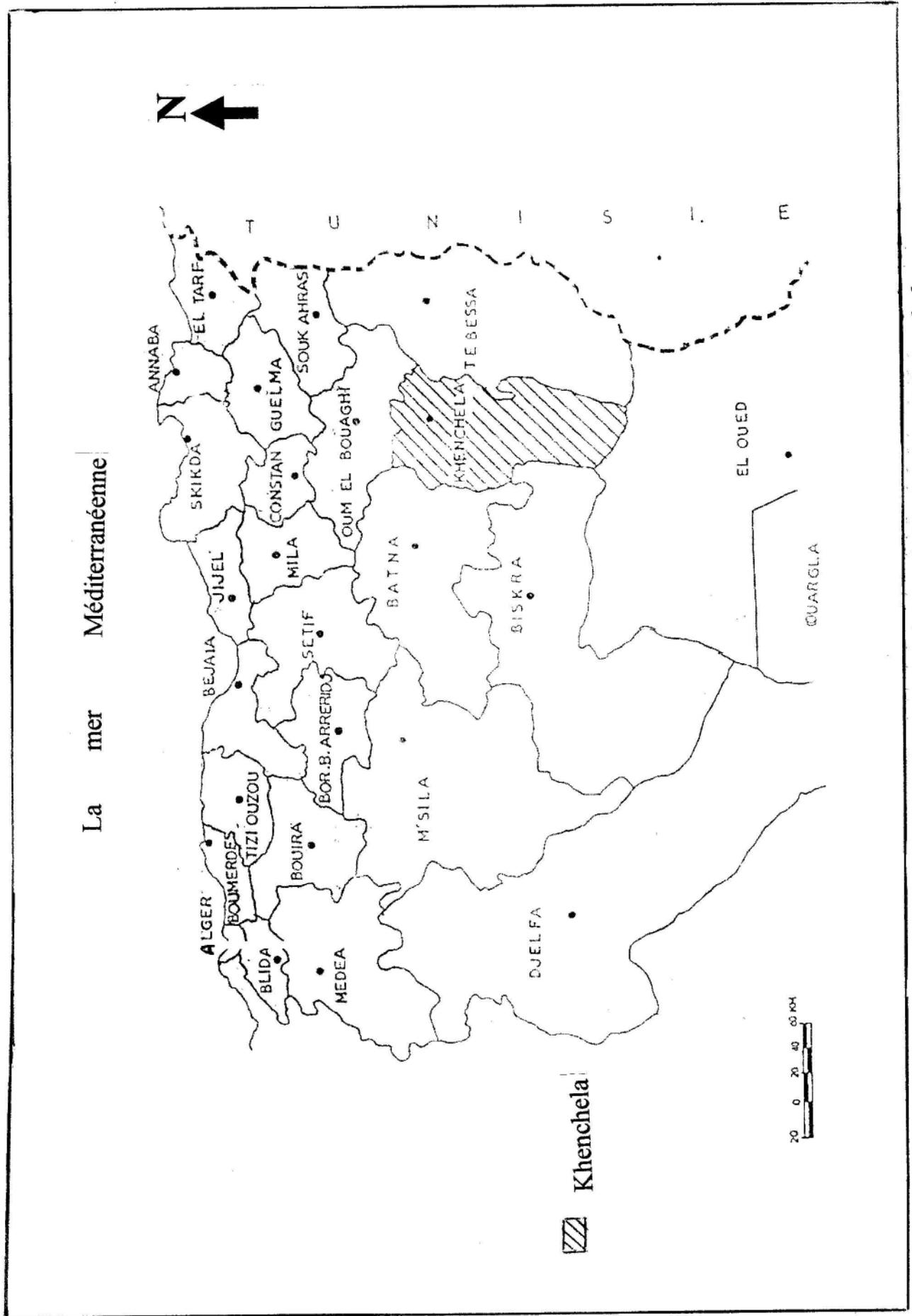
La région de Khenchela est située au Nord de l'Algérie, au Sud-Est du constantinois ; et au contrefort du mont des Aurès entre 34° 06' 36'' et 35° 41' 21'' latitudes Nord ; et entre 06° 34' 12'' et 07° 35' 56 '' de longitudes Est. Sa superficie est de 9715,6 km². Elle est limitée géographiquement au :

- **Nord** : par la Wilaya d'Oum El Bouaghi
- **Sud** : par la wilaya d'El Oued
- **Est**: par la wilaya de Tébessa
- **Ouest**: par la wilaya de Batna (Carte 01).
- **Sud- Ouest** : par la wilaya de Biskra

La region de Khenchla se distingue par ses milieux physiques et naturels très diversifiés et à facettes multiples, alliant entre :

- Paysages telliens (zones de haute montagne, bien arrosées et bien boisées à paysages verdoyants) : Monts des Aurès occupant la partie ouest de la wilaya ;
- Paysages de hautes plaines (hautes plaines céréalières semi-arides) pour la partie Nord de la wilaya ;
- Paysages steppiques et sahariens composés : de monts totalement dénudés et érodés (monts des Némenchas à l'Est), d'oasis (Siar, Khirane et El Ouldja) et de basses plaines (El Meita et Ouazerne).

Elle est caractérisée par sa vocation agrosylvopastorale ou la superficie agricole représente 22%, les forets, 12% et la steppe représente 49% de la superficie totale (Anonyme, 2001).



Carte N°01 : la situation géographique de la région de Khenchela

I-1-2.Approche géologique générale :

La région de Khenchela est caractérisée par trois (03) zones naturelles qui peuvent être distinguer comme suit :

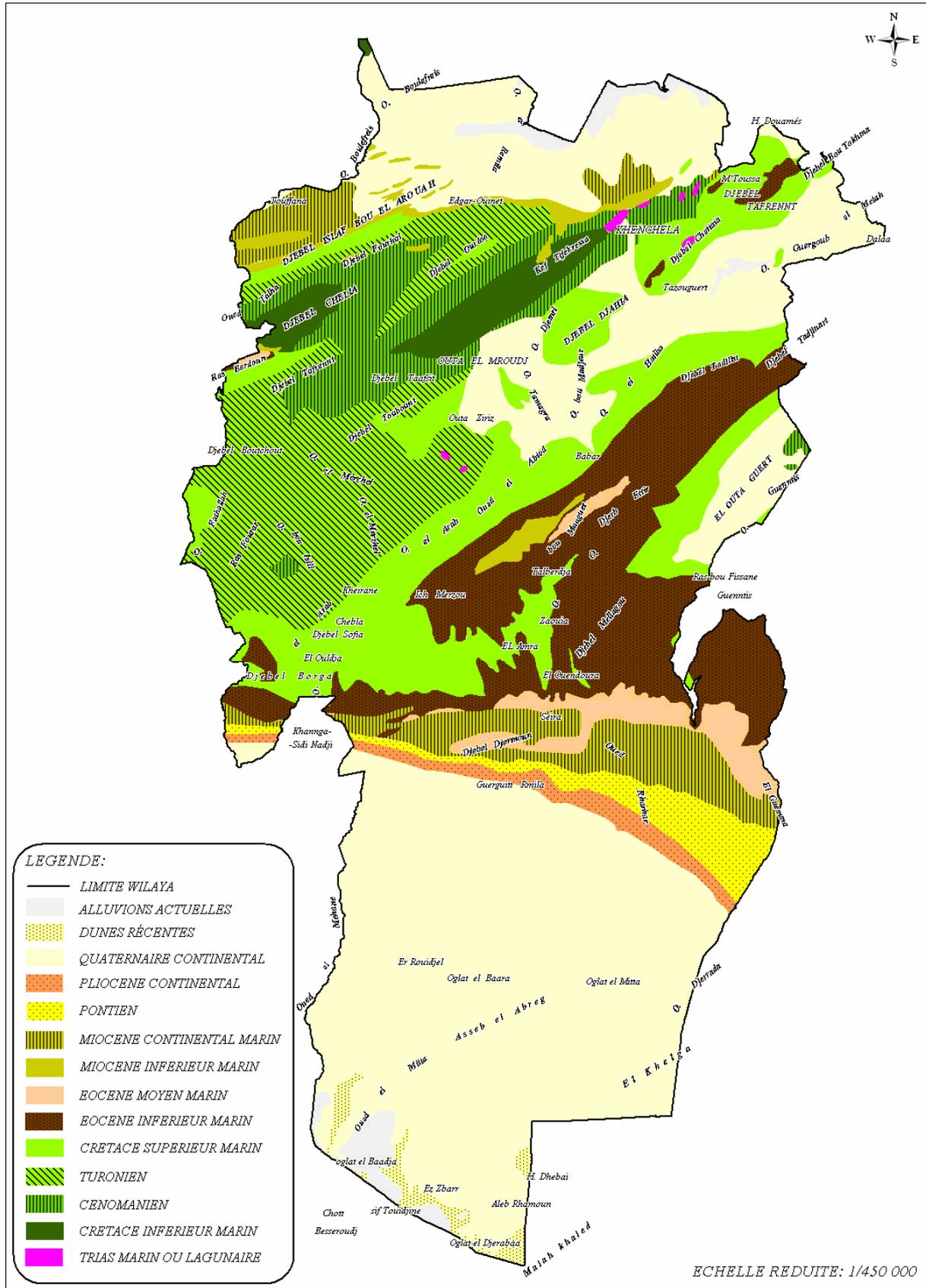
- Au Nord : c'est le bassin miocène de Timgad et de Douffana. C'est une zone plate, steppique qui correspond à la bordure méridionale de la grande dépression de Garat El Taref.
- les parties occidentales et centrales constituent la terminaison périclinale Nord/Est de la chaîne des Aurès, région caractérisée par les Diapirs triasiques.
- La zone méridionale au Sud constitue les monts des Nememchas ; et plus au Sud, c'est la zone plate qui correspond à la bordure septentrionale du pays des chotts.

Du point de vue tectonique, le territoire de la Wilaya de Khenchela est situé au Nord de la flexure sud atlasique. Les reliefs montagneux sont très accidentés par des failles. On rencontre deux principales familles :

La première correspond aux plus grande failles de direction Est/Ouest à Nord-Est/ Sud-Ouest. La seconde celle des plus petites et dont la direction est de Nord-Ouest/Sud –Est. Ces deux types de failles sont verticaux.

Il est à noter que les Diapirs ou dômes triasiques, qui se rencontrent dans la partie orientale, empruntent généralement les zones de failles et de faible résistance pour remonter à la surface du sol et affleurer.

Du point de vue lithologie et pétrographie, on rencontre des calcaires , des marnes, des argiles, du gypse, des sables, des grès et des conglomérats.



Carte 02 : La géologie de la région de Khenchela

I-1-3. Aperçu géomorphologique général :

Le territoire de la région de Khenchela est situé dans une zone de transition entre le domaine atlasique, assez plissé au Nord et la plate forme saharienne au Sud.

Le contact entre ces deux domaines est très brutal ; est marqué par un grand accident tectonique, appelé « flexure Sud-atlasique ».

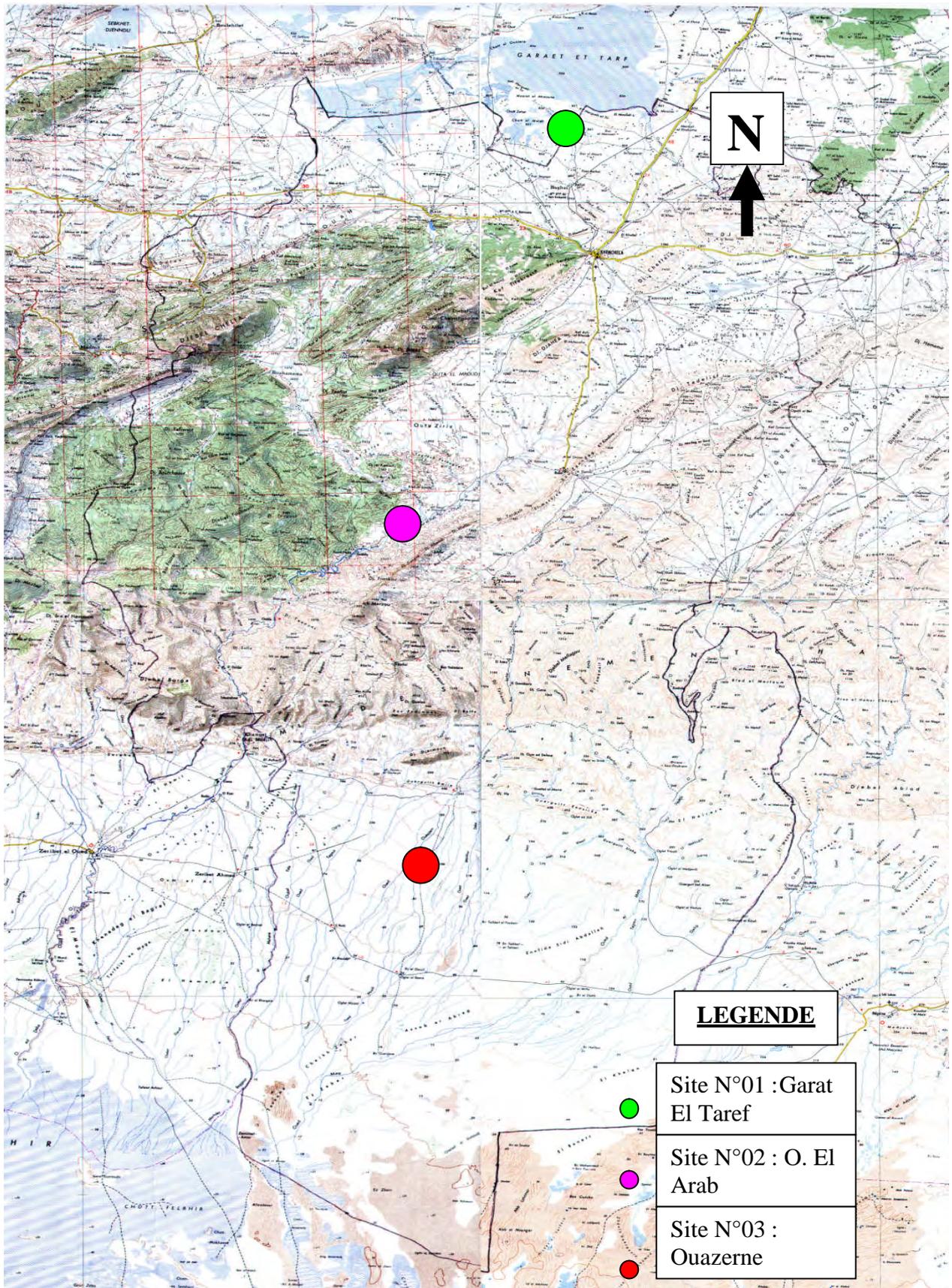
Dans la wilaya, on rencontre deux grands ensembles sédimentaires :

- Un ensemble souple affecté par des plis ayant généralement une direction Sud-Ouest/Nord-Est ;
- Un ensemble rigide affecté par des failles.

I-2.Choix des sites d'étude :

Pour la réalisation de notre étude, nous avons choisi trois (03) sites à travers la wilaya selon un transect Nord/Sud dont l'ordre est le suivant :

- Site au Nord dans la zone de Garat El Taref dans la limite entre la wilaya d'Oum El Bouaghi et la wilaya de Khenchela ;
- Site au centre dans la commune de Babar sur Oued El Arab près du barrage de Babar ;
- Site au Sud Située dans la zone de Ouazerne dans la commune de Babar (Carte 03).



Carte 03 : Répartition des sites d'étude à travers la région de Khenchela au 1/200000

I-2.2. Présentation des sites d'étude

A - Site N°01 : Garat El Taref

Le site est une continuité de Garat El tarf, appartenant à la wilaya d'Oum El Bouaghi et la Wilaya d Khenchela, séparée par la route reliant cette première à Khenchela et qui se trouve à 20 km de laDaira d'El Hamma.

C'est un plan d'eau saisonnier (Octobre- Avril) d'une superficie de dizaine d'hectares (Ounissi et Zemmochi, 2004), et fait partie des sites de la région à importance internationale par la convention de Ramsar le 15/12/2004/.

A-1.Coordonnées géographiques

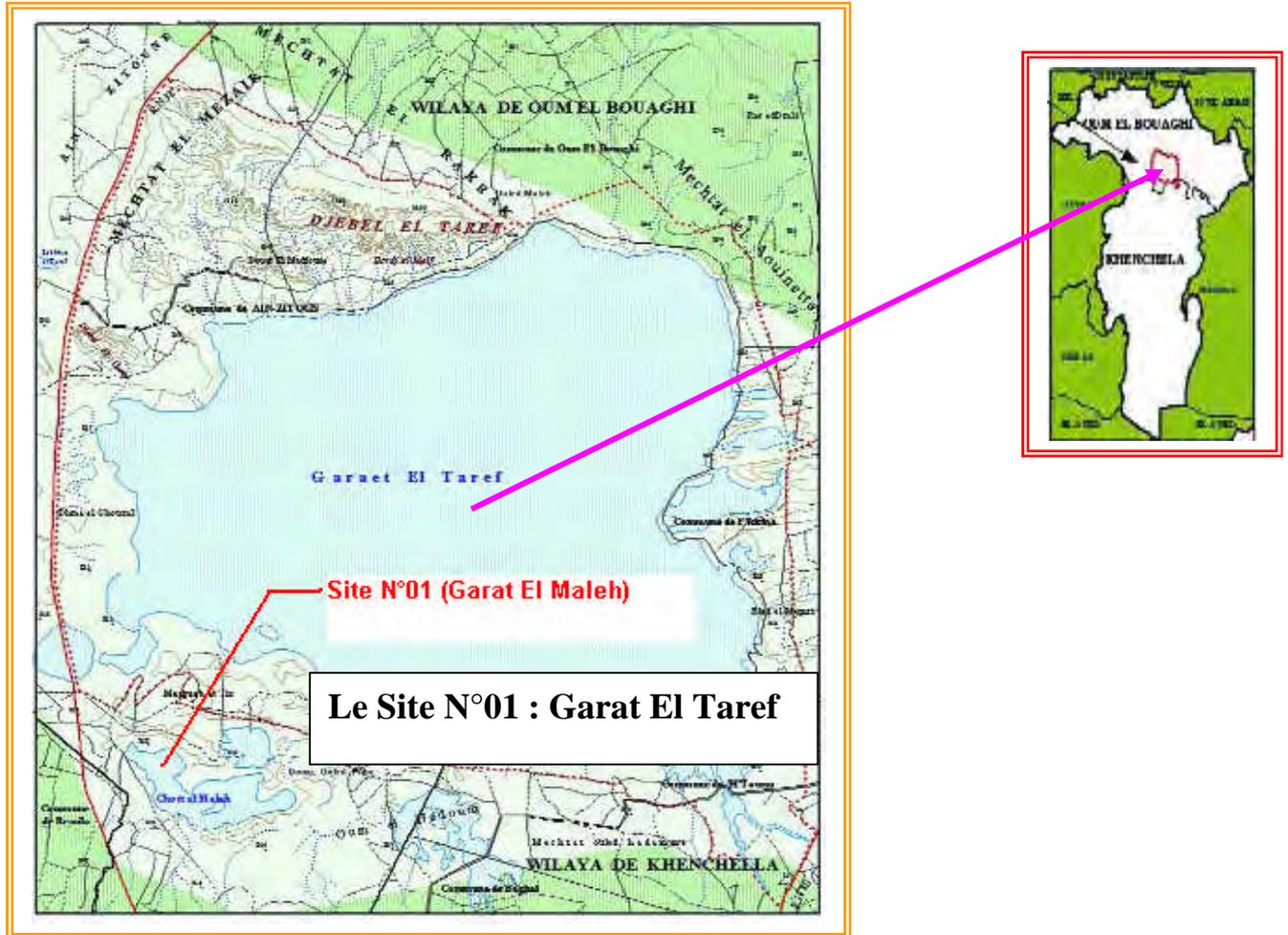
- Altitude : entre 840m et 860m
- Latitude : 35°39'33'' Nord
- Longitude : 06° 59'00'' Est

A-2. Situation géographique

Le site est situé presque à mi-distance entre les chef lieu d'Oum El Bouaghi et Khenchela, limité au Nord par la commune de Ain Zitoune, à l'Ouest et au Sud par la plaine de Remila et l'Est par Garat El Tarf.



Photo 01 : Vue générale du site de Garat El Taref



Carte 04: La situation géographique du Site N°01 (Garat El Taref) (source Atlas des zones humides Algériennes à importance internationale 4eme édition)

A-3. La géologie:

L'analyse de la carte géologique de Garat El Taref nous permet de décrire les formations géologiques suivantes :

A-3-1. Les formations du Quaternaire

A-3-1.1. Eboulis à blocs

Les éboulis à blocs sont localisés au massif montagneux du Djebel El Taref ils s'installent au pied des corniches calcaires ou gréseuses qui alimentent de vastes nappes d'éboulis, pour la plupart peu actifs sauf à leur partie supérieure le type de morphologie réalisé tend vers la réalisation d'un glaciais.

A-3-1.2. Alluvions récentes ou actuelles

Ces formations limitées aux zones basses des Oueds tel que : Oued Maarouf, Oued Remila, Oued Boulafreis et Oued Gueiss.

Ce sont des sables, des graviers et des limons gris avec des gros galets émoussés calcaires ou gréseux.

A-3-1.3. Terres arables, alluvions anciennes et quaternaire indéterminé

Ces types de formations ont été distingués dans des zones basses. Ils correspondent à des alluvions anciennes à morphologie très plate sur la quelle un sol brun permet une culture plus efficace que sur les glacis steppiques. Leur age est difficile à préciser.

A-3-1.4. Glacis polygéniques nappant les reliefs

Ces glacis couvrent de très vastes surfaces. Leur organisation en pente douce est tout à fait caractéristique. Ils ravinent le cycle antérieur de glacis, facile à rencontrer puisqu'il est caractéristique des croûtes massives. C'est un nappage complexe à débris bien calibrés, parfois encroûtés. L'aspect est alors celui des croûtes feuilletées classiquement attribuées au tensiftien.

A-3-1.5. Villafranchien probable : croûtes calcaires

Ces formations, perchées par rapport aux surfaces précédentes sont très faciles à repérer, entaillées par les cycles qui ont suivi, leurs témoins forment de petites mesas très caractéristiques. Leur abrupt périphérique est suffisamment marqué pour que le fond topographique le représente presque systématiquement.

L'aspect le plus fréquemment réalisé est celui de croûtes massives développées au-dessus d'horizons tuffacés surmontant eux-mêmes des niveaux à poupees calcaires.

Ces formations sont habituellement rapportées au Villafranchien, bien daté plus au Nord-Ouest dans la région de Sétif (El Eulma) et de Constantine (Oued Seguin)

A-3-1.6. Sebkha

C'est un plan d'eau libre, peu important par rapport à l'encroûtement de sel qui en occupe la plus grande partie, est divisé par une butte.

A-3-1.7. Formations dunaires (lunettes)

Ce sont les Sols de sebkha constitués d'alluvions, et qui sont entourés de sols salés anciens et de formations dunaires appelées lunettes.

A-3-2. Cretace

A-3-2.1 Aptien supérieur calcaire bien lité à Miliolidés et Orbitolines, rares intercalations dolomitiques ocres :

Au-dessus des marnes de l'Aptien inférieur se succèdent de bas en haut :

- d'oomicrites et d'oosparites gris-noir, en bancs plurimétriques, à intercalation de calcaires marneux gris-blanchâtre, parfois noduleux, lumachelliques à *Orbitolina texana* ROEMER, Miliolites et débris divers ;
- d'alternance de grés blancs friables (quartz de diamètre inférieur à 1mm) et d'oosparites grises en bancs décimétriques ;
- d'alternance de biomicrites, parfois d'oosparites et marnes gris-bleuté à nombreux niveaux lumachelliques à orbitolines et à huîtres ;
- de biosparites gréseuses grises en bancs décimétriques à débris de mollusques ;
- d'alternance de marnes grises et de biomicrudites associées parfois à des comicrites bioclastiques gris-noir, en bancs décimétriques, passant vers le haut à des calcaires dolomitiques brun-noir à fontomes d'Orbitolines et de Rudistes ;
- de biomicrites grises en gros bancs à *Ovalveolina* et *Orbitolina*.

Le toit de ces calcaires est dolomitiques, raviné et fortement minéralisé (Anonyme, 1973).

A-4. Hydrologie :

Le site est alimenté par des eaux pluviales et de crues acheminées à travers des terrains agricoles. La sortie d'eau se fait uniquement par évaporation et d'une manière intense au cours de la saison chaude. Il est caractérisé par un chevelu hydrographique dense de chaâbets (ruisseaux) et d'oueds dont les plus importants, ceux qui acheminent les eaux jusqu'au site sont : Oued Maarouf, Oued Remila, Oued Boulafreis et Oued Gueiss.

Les conditions climatiques jouent un rôle déterminant dans le régime de ces cours d'eaux, en particulier les précipitations qui agissent directement dans l'alimentation pluviale du bassin versant. Les eaux du site sont salées (Messaoui et Bersouli, 2004).

B- Site N° 02: Oued El Arab

Le site se situe dans la vallée de Oued El Arab juste en amont du barrage du Babar, sur les confins Sud de l'Atlas Saharien et fait partie de la chaîne montagneuse de Djahfa appartenant aux monts de Nemamcha au Sud de la Wilaya de Knenchela.

B-1. Les coordonnées géographiques

Altitude : 952m

Latitude : 35° 09'22'' Nord

Longitude : 07° 00'50'' Est.

B-2. Situation géographique

Le site fait partie administrativement à la commune de Khirane au confins des trois communes : Khirane, Tamza et Babar ; limité au Nord et à l'Ouest par la commune de Tamza, à l'Est par la commune de Babar et au Sud par la commune de Khirane.



Photo 02 : Vue du site d'Oued El Arab

B-3. La géologie

En se basant sur l'étude géologique du barrage de Babar réalisée en 1985 et la carte géologique de la région de Khenchela nous avons arrivé à retirer les principales formations géologiques de la région comme suit :

Depuis le Trias et jusqu'au l'Eocène moyen la région s'est formée. Dans cette période la région présaharienne représentait une plate forme qui se caractérisait par l'accumulation de sédiments différents.

Du point de vue de la zonation régionale tectonique de la région présaharienne le site se rapporte à l'Atlas Tunisien séparé de l'Atlas saharien par le massif des Aurès avec le plus haut sommet de 2328m où la direction des plis change de Nord/Est au Nord-Nord/Est (Anonyme, 2001)

B-3.1. Tectogénèse et formation du relief en période tertiaire :

Au cours de la première phase tectonique se rapporte à l'Eocène, récent et, probablement à l'Oligocène ancien, les failles et les plis du type dit Jurassique se sont formés, ainsi que les déformations épeirogéniques avec l'amplitude supérieur à 5000m en verticale. Après la formation de la surface de nivellement, les terrains détritiques rouges, continentaux en général, du Miocène inférieur se déposaient. Ils sont répartis partout, sauf la marge Nord de la région présaharienne ou l'avant-fosse de l'Atlas Tellien. Ainsi, la période Oligocène-Miocène s'est terminée par la formation de la surface dénudo-accumulation.

Pendant l'époque continentale qui suivait, une nouvelle surface de dénudation s'est formée.

L'évolution de l'Atlas Tunisien à l'époque du tertiaire récente a beaucoup de commun avec celle de l'Atlas Saharien. Mais dans la tranche depuis la fin du Miocène jusqu'au milieu du Pléistocène la zone de l'Atlas Tunisien a connu les mouvements orogéniques qui sont considérés comme la phase principale de l'orogénèse de la région. La plus forte pulsation a eu lieu à l'époque Pliocène villafranchien. Au Sud de la région des grands chotts elle s'est manifestée sous forme de plissement et rajeunissement des failles.

B-3. 2. Crétacé inférieur

Les sédiments les plus anciens du Crétacé inférieur sont les formations de l'époque de régression continentales par prédominance : vers le Sud ils passent en massif continental intermédiaire. Les grès dont les produits d'altération sont à l'origine des dunes de sable de l'Atlas Saharien comprenant les nappes des calcaires aptiens ; au Nord ils passent en terrains carbonatés.

B-3. 3. Crétacé supérieur

Dans le Vraconien, dès le début de la grande transgression eustatique cénomaniennne, les apports du matériau quartzique de la province Sud ont cessé. Cette transgression est à l'origine de la sédimentation des calcaires et marnes qui évoluent des néritiques aux subrécifaux.

Les marnes, calcaires et plus rarement les grés ou formations sablo-argileuses faiblement cimentées laguno-marines du Paléogène-Néogène sont absent au Nord du site, mais ils sont observés plus à l'Est .

B-3. 4. Le Quaternaire

Les dépôts quaternaires sont assez limités ce qu'est dû aux processus érosifs intenses qui provoquent le délavage des formations superficielles sur les pentes raides, leur déplacement et accumulation sur les terrasses basses des Oueds ou sur les versants doux moins érodés.

- Les alluvions de la vallée sont représentées par le Néopleistocène et Holocène.
- Les alluvions des terrasses supérieures de l'Oued sont limitées et ne composent que leurs parties accumulées, étant par les terrains argileux et graveleux (au limon argileux). Leur épaisseur totale ne dépasse pas les 5m.
- Les alluvions de la première terrasse de l'Oued sont représentées par les terrains argileux et plus rarement par les formations galets-graviers aux limons sableux et argileux. Leur épaisseur est entre 5m et 7m. (Anonyme, 1985).

B-4. L'hydrologie

Oued El Arab draine les versants Sud-Est du massif des Aurès et les versants Nord-Ouest des monts des Nmamcha pour se jeter dans la dépression de Chott Melghir.

Dans sans source amont a 5km du site l'Oued bifurque en formant deux confluent droit et gauche appelé respectivement Oued Tamagra et Oued Abiod.

Dans sans cours moyen, en aval de l'endroit où il reçoit les eaux de son affluent droit Oued Mellagou (en aval du site Bou Rahmoune) (Berkane, 2001).

Dans le cours aval, près de la localité de Khangat Sidi Nadji l'Oued débouche du défilé et suit la plaine déserte se perdant dans l'étendue de Chott Melghir.

C- Site N°03 : Ariche Ouazarne

Le site est situé dans les parcours sahariens en aval des zones d'épandage de crue sur Oued Ouazarne, et qui jouxte les limite de la Wilaya de Khenchema avec la Wilaya de d'El Oued. Du point de vue démographique, la zone qui fait partie du Sahara des Nmamechas est exploitée par les tribus des commune de Babar, Ouled Rchache et El Mahmel. Le mode d'exploitation dominant c'est l'agro pastoralisme marqué par la transhumance où les éleveurs profitent de l'Hiver doux des parcours sahariens pour mener leurs élevages à l'abri des Hivers rigoureux de la zone Nord.

C-1. Coordonnées géographiques

Altitude : 80m

Latitude : 34° 25' 14'' Nord

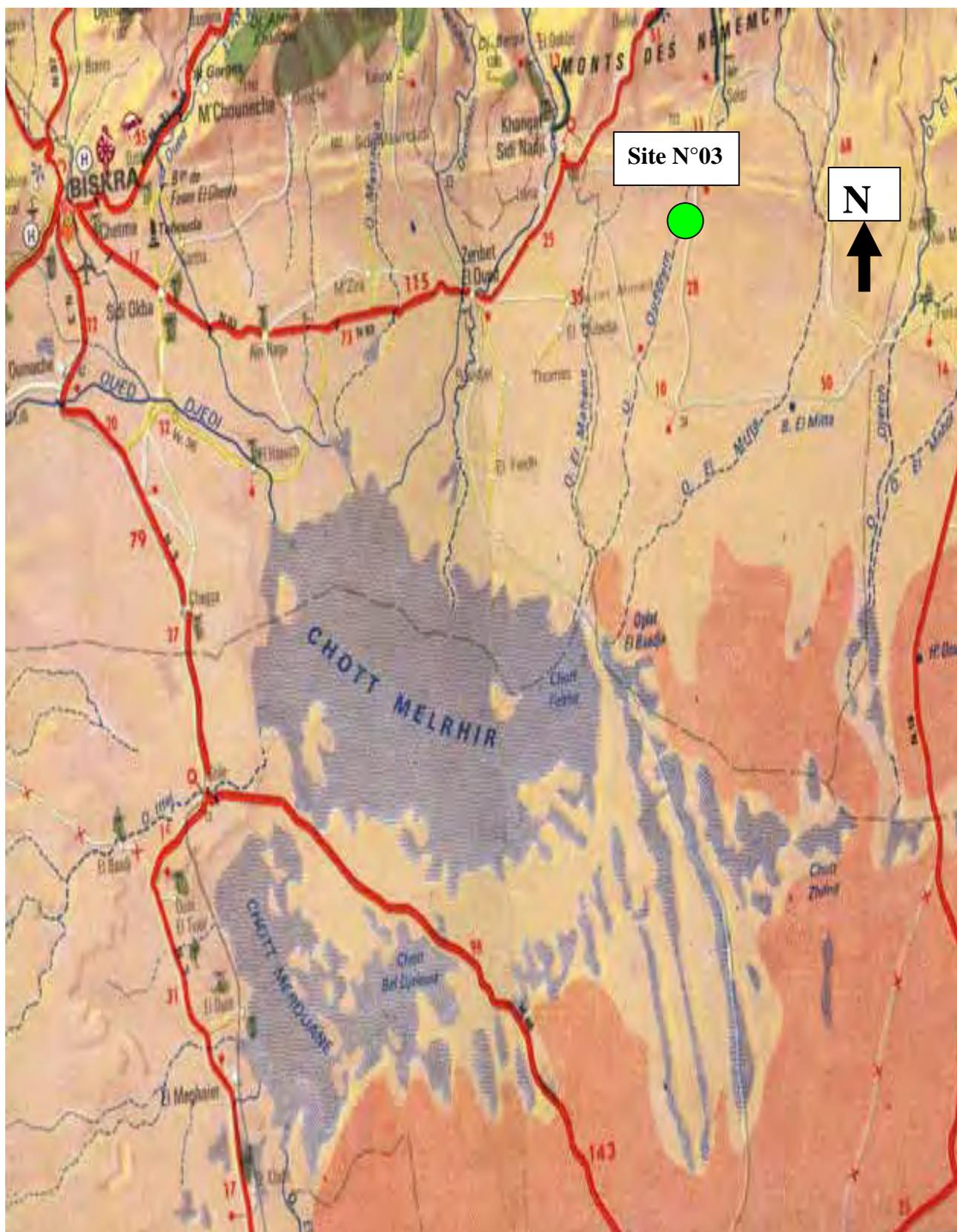
Longitude : 06° 51' 31'' Est

C-2. Situation géographique

Administrativement la région appartient à la commune de Babar, limité à l'Est par Oglat El Mitta, à l'Ouest par Khangat Sidi Nadji (Biskra), au Nord par El Amra (commune de Chachare) et au Sud pa la Wilaya d'El Oued (Anonyme, 1960a).



Photo 03 : Vue du site d' Ouzarne



Carte 06 : La situation géographique du site d'Ouzarne, (source Atlas des zones humides Algériennes à importance internationale 4eme édition)

C-3. La géologie

Le site constitue une région de transition entre les domaines sahariens et telliens. Au Nord s'étend le bâti atlasique, plissé, orienté Sud-Ouest Nord-Est, au Sud sévissent les étendues planes (regs, ergs, plateau) sous tendues par le socle africain, précambrien recouvert de sédiments phanérozoïques transgressifs.

Différents éléments tectoniques délimitent des bassins sédimentaires dans lesquels la lithostratigraphie est plus ou moins complète (Dekhinat, 2005).

Sur la base de l'étude géologique faite par GOSKOV (1964) sur la région de Biskra nous citons les principales strates repérées dans cette région, en allant du plus récent vers le plus ancien

C-3-1. Dépôts du quaternaire actuels

Ils se présentent sous forme de croûtes dite « deb-deb » dont le dépôt se poursuit sans doute encore de nos jours, ce sont des formations calcaro-gypseuse atteignant jusqu'à deux mètres d'épaisseur. Elles occupent les piémonts

C-3-2. Dépôts du quaternaire ancien (Terrasse)

Cette terrasse est bien développée dans la partie Nord de la région, vers l'Oued de Ouazerne. Elle est principalement formée de poudingues remplacés progressivement par un dépôt sableux et argileux vers le Sud.

C-3-3. Les formations du tertiaire

C-3-3.1. Pliocène

Il est représenté par des poudingues, des bancs de grés et d'argiles sableuses à proximité des massifs (les monts Sud de l'atlas Saharien) passant à des couches rouges sableuses et gypseuses dans la plaine.

Il est également représenté par la croûte calcaro-gypseuse englobant souvent des masses de poudingues, des sables et des graviers.

C-3-3.2. Miocène

C-3-3.2.1. Miocène supérieur (Pontien)

Il affleure seulement dans la dépression (combe) de l'anticlinal du Djebel Ben derradj. Il est représenté par des argiles et marnes multicolores souvent très sableuses. C'est un dépôt continental détritique : argiles, sables, graviers et marnes.

C-3-3.3. Paléogène

C-3-3.3.1. Eocène moyen (Lutétien)

C'est un dépôt exclusivement lagunaire représenté par des argiles, du gypse en couches épaisses, des anhydrites et des calcaires dolomitiques.

C-3-3.3.2. Eocène inférieur

Sa puissance varie entre 150 et 200 mètres. Ce sont des calcaires blancs riches en silex noirs.

C-3-4. Les formations du secondaire et les formations du tertiaire

C-3-4.1. Pliocène

Il est représenté par des poudingues, des bancs de grés et d'argiles sableuses à proximité des massifs passant à des couches rouges sableuses et gypseuses dans la plaine.

Il est également représenté par la croûte calcaro-gypseuse englobant souvent des masses de poudingues, des sables et des graviers dans le Nord.

C-3-5. Les formations du secondaire

C-3-5.1. Le crétacé supérieur

C-3-5.1.1. Le cénomanien supérieur

Il est représenté par des calcaires cristallins et dolomitiques en couches très épaisses, des intercalations lagunaires marneuses et gypseuses. Ce sont des calcaires maestrichtiens reposant sur les marnes noirâtres du campanien.

C-3-5.1.2. Le cénomanien inférieur

Ce sont des calcaires gris ou blancs alternant régulièrement avec des marnes grisâtres, parfois gypseuses.

C-3-5.1.3. Turonien

Il est représenté uniformément dans toute la zone montagneuse par un épais niveau de 200m à 300m d'épaisseur composé de calcaire cristallin de calcaire marneux et de calcaire dolomitique.

C-3-5.1.4. Cénomanien

Ce sont des calcaires marneux avec intercalations marneuses et gypseuses.

C-3-5.2. Le crétacé inférieur

C-3-5.2.1. Albien

Il est constitué en majeure partie par des grès rouges ou gris avec intercalation d'argile rouge, sa puissance est d'environ 250m.

C-3-5.2.2. Aptien

Elle présente un faciès lagunaire avec intercalation marine, il est constitué par des argiles et des marnes multicolores, des anhydrites, des calcaires dolomitiques et des dolomies. L'épaisseur de ce dépôt est d'environ 60 m.

C-3-5.2.3. Turonien

Il est représenté uniformément dans toute la zone montagneuse par un épais niveau de 200 à 300 m d'épaisseur composé de calcaire cristallin de calcaire marneux et de calcaire dolomitique.

(Rouahna, 2007)

C-4. L'hydrologie

Oued Ouezare draine une très grande partie des monts Nord-Ouest des Aurès Nmamcha de la région de Chachare qui se rassemble en Oued Farroudj en Ouest et par Oued Ben Derradj à l'Est qui prend naissance à partir du côté Sud de la commune d'El Mahmel passant par El Amra et Siar, et qui rejoignent Oued Ferroudj dans la région de Guerguitt Rmila formant Oued Ouazarne qui suit sont parcours formant une zone d'épandage appelée Nfidhat Ouazarne qu'est exploitée en céréaliculture, avant de rejeter dans la dépression de Chott Malghir (Anonyme, 1960a)

I-3. Conclusion

L'étude géologique nous a reflété que la zone d'étude représente une différence très importante entre les trois sites étudiés, du point de vue géologique et par suite géomorphologique, ou en passe d'une dépression caractérisée par la dominance des formations quaternaire vers un terrain accidenté formant une région de transition entre deux zones distinctes du point de vue géologique et qui se caractérise par des formes d'érosion intense avec un relief bien érodé où les affleurement rocheux peuvent s'observés dans toute la zone, et en fin on décent vers une zone d'accumulation des dépôts formant une zone d'épandage et des sédiments phanérozoïques.

CHAPITRE II

ETUDE CLIMATIQUE

Introduction :

La climatologie s'intéresse à l'analyse quantitative à plus long terme de la moyenne des paramètres requis pour caractériser les états de l'atmosphère, principalement la température de l'air, la lame d'eau précipitée, la durée d'insolation, la direction et la vitesse du vent. Le climat représente donc le « temps moyen » en un lieu donné (Emselem, 1989).

Le climat, en région méditerranéenne est un facteur déterminant en raison de son importance dans l'établissement, l'organisation et le maintien des écosystèmes. Ainsi, un des objets essentiels de l'écologie méditerranéenne a été de rechercher la meilleure relation entre les différentes formations végétales et le climat vu sous l'angle biologique : le bioclimat. (Aidoud A. ,1997).

La zone d'étude dans sa partie Nord (site N°01 ; Garat El Taref) et sa partie centre (site N°02 ; Oued El Arab) est influencée par le climat méditerranéen ; défini selon (Benabadji Bouazza ,2000) comme un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale avec un été très chaud et très sec, tempéré seulement en bordure de la mer, l'hiver est très frais et plus humide. Ce climat est qualifié de xérothermique.

Par contre dans la partie Sud de la région (site N°03; Ouazerne), est sous l'influence du climat désertique.

Pour bien connaître l'état bioclimatique de notre zone d'étude une analyse et synthèse des données climatiques des trois sites seront présentées dans ce chapitre.

II. 1. Choix des stations météorologiques

Pour procéder à une étude de l'action des facteurs climatiques sur la répartition de la végétation dans les stations écologiques, suppose qu'on dispose de mesures réalisées dans les mêmes stations, mais en l'absence de telles mesures on va utiliser les données des stations météorologiques pour les plus proches en respectant les règles suivantes (Escourrou, 1981):

- Similitude entre la formation végétale des stations d'études et les stations météorologiques, surtout les espèces dominantes et indicatrices ;
 - La proximité géographique des stations.;
 - Les stations se trouvent presque aux mêmes altitudes.

Pour répondre à ces critères nous avons étudié les données des stations suivantes comme suit :

- Pour le site N°01 (Garat El Taref) nous avons étudié les données climatiques de la station météorologique d'El Hamma ;
- pour le site N°02 (Oued El Arab) nous avons étudié les données météorologiques de la station de Babar ;
- pour le site N°03 (Ouazerne) nous avons étudié les données météorologiques de la station de Biskra (tableau 01)

En raison d'homogénéisation de notre étude d'une part et à défaut de manques de données climatique pour de longues séries d'une autre part, nous avons choisi une série continue de 13 ans (1995-2007) commune entre les stations de Khenchela et de Biskra ; et nous avons procédé aux méthodes statistiques pour combler les lacunes existantes dans la série de la station de Babar.

Stations	Latitude	Longitude	Altitude	Série d'observation
El Hamma	35°20'N	07°-05° E	982.5m	1995-2007
Babar	35°13'N	07°00'E	984m	1995-2007
Biskra	34°48'N	05°44'W	84m	1995-2007

Tableau 01 : Données géographiques des stations météorologiques avec la série d'observation.

II.2. Analyses des paramètres climatiques

II.2.1 Les précipitations :

La pluviosité est définie selon Djebaili en 1984, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'une part, elle a un rôle social et économique d'autre part. Les précipitations exercent une action prépondérante pour la définition de la sécheresse globale du climat.

La chute des pluies dans la région et, en général, en Algérie est déterminée par la situation géographique, par la topographie et notamment la direction des axes montagneux par rapport à la mer et l'altitude.

Cela conduit à une irrégularité des précipitations à travers toute la région : augmentation des pluies en altitudes, diminution de leur taux du Nord vers le Sud (Halimi, 1981).

II-2-1.1 Corrections des précipitations

A cause de la discontinuité de la série d'observation dans la station de Babar nous avons comblé cette discontinuité à partir des données de la station d'El Hamma, en application la méthode statistique dite la méthode des rapports, qu'est efficace quand les couples appartiennent aux mêmes conditions climatiques et géographiques (même altitude et même latitude), (Khabtane, 1997)

II. 2-1-1.1 Principe de la méthode des rapports

C'est le rapport entre les valeurs pluviométriques précipitées aux cours d'un mois considéré lacunaire et pendant la série où le mois est le même dans les stations voisines. La correction des totaux mensuels des pluies enregistrées dans les stations en question, peut se faire en appliquant la fonction (Droesbeke, 1988) :

$$Y = aX$$

où:

Y: valeur pluviométrique mensuelle inconnue à la station lacunaire B;

X: valeur correspondante enregistrée pendant le même mois à la station A de référence;

a: est une constante d'ajustement estimée par le rapport des données de précipitations observées pendant une même série commune aux stations (Maizi, 1999),

Soit:

$$a = \frac{P(\text{mm})B}{P(\text{mm})A}$$

II.2.1.2. Le régime interannuel des précipitations (variation interannuelle) :

L'examen du régime des précipitations annuelles représenté dans le Tableau 02 nous permet de remarquer que :

A) à la station d'El Hamma

La répartition des précipitations interannuelles à la station d'El Hamma pour la période de 1995-2007 est extrêmement irrégulière d'une année à l'autre.

La comparaison des 13 années par rapport à la moyenne de la série d'observation, permet d'observer que :

- Les moyennes annuelles de sept ans sont inférieures à la moyenne de la série d'observation qu'est de 462.8mm ;
- Une période de trois ans successifs, entre 2000 et 2002, est inférieure à la moyenne de la série ;
- Un maximum de 621mm pour l'année 2005 et un minimum de 312mm pour l'année 2000, (figure 01).

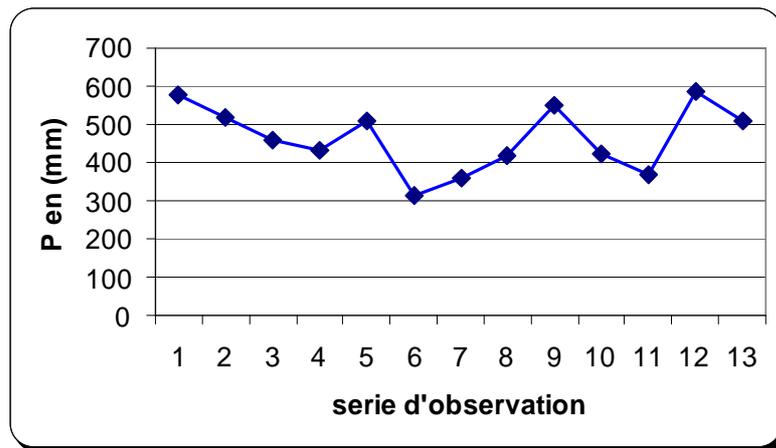


Figure 01 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station d'El Hamma (période 1995-2007)

B) à la station de Babar

La même irrégularité des moyennes annuelles des précipitations on la remarque au niveau de la station de Babar avec une diminution de la moyenne totale de la série de la série à 393,8mm.

La comparaison entre les moyennes d'une année à l'autre par rapport à la moyenne de la série nous permet d'observer que :

- que seulement les moyennes de 5 ans qui sont inférieures de la moyenne de la série d'observation ;
- un maximum de précipitation de 494.4mm en 2003 et un minimum de 250.6mm en 2006, (Figure 02)

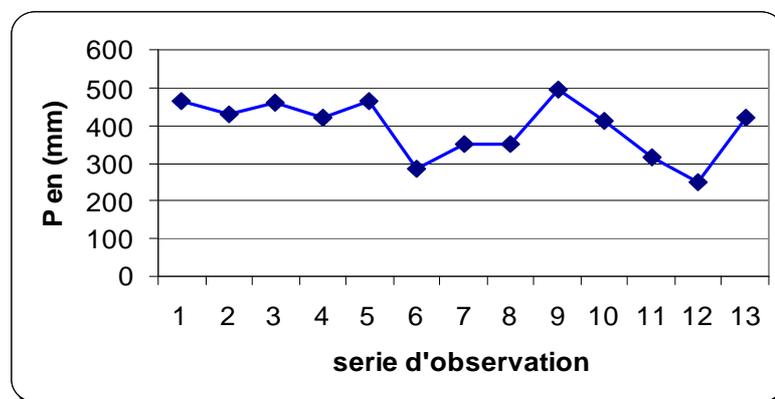


Figure 02 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station de Babar (période 1995-2007)

C) à la station de Biskra

Selon du tableau 02, on constate que la variabilité est plus irrégulière, avec un diminution de la lame totale de précipitation par rapport aux deux autres stations atteignant une moyenne de 124.1mm sur 13 ans, où on observe que :

- seulement les moyennes de 5 ans qui sont supérieures à la moyenne totale de la série,
- un maximum de 295mm en 2004 et un minimum de 47mm en 2002, (Figure 03)

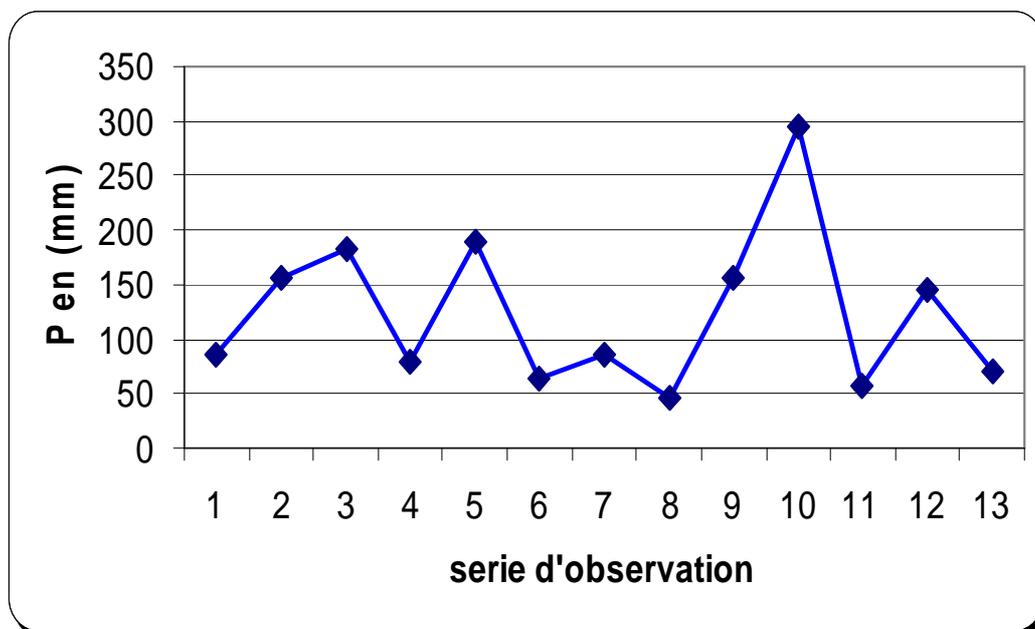


Figure 03 : Variation inter-annuelle de précipitation à la station de Biskra (période 1995-2007)

Station	El Hamma	Babar	Biskra
Ans			
1995	542	464,3	86,1
1996	492	431,3	155,7
1997	458	460,8	181,8
1998	413	421,8	79,5
1999	516	464,1	190,3
2000	312	283,4	64,5
2001	357	351,3	85,2
2002	418	348,2	47
2003	551	494,4	156,9
2004	621	413,9	295
2005	368	315,7	57
2006	581	250,6	144,9
2007	508,2	419,2	69,61
Moy. Série	462,8	393,8	124.1

Tableau 02 : Moyennes mensuelles des Précipitations aux stations : d'El Hamma de Babar et de Biskra (période 1995-2007), (source : les stations météorologiques d'El Hamma, Babar et Biskra)

II.2.1.3. Le régime saisonnier :

Murset en 1935 a défini la première notion du régime saisonnier, il a calculé la somme des précipitation par saison, prenant en considération que l'Automne est formé par les trois mois suivant : Septembre, Octobre, Novembre, et a effectué le classement des saisons par ordre de pluviosité décroissante, signalant chaque saisons par son initial (P : Printemps, H : Hiver, E : Eté, A : Automne) (Dajoz,1996).

En 1968, Daget a confirmé que l'été dans le méditerranéen est la saison la plus chaude et la moins arrosée, et considère les mois de Juin, Juillet et Août comme les mois d'été.

Grâce à cette méthode les régimes saisonniers peuvent être classé en fonction de valeurs représentées dans le tableau 03 pour les trois stations :

Saison	H	P	E	A
Station				
El Hamma	111,5	137,8	89,68	105,6
Babar	90,24	90,18	107,9	124,8
Biskra	39,77	29,46	15,49	39,4

Tableau 03 : Le régime saisonnier des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

A) à la station d'El Hamma

Pour la station d'El Hamma on remarque que la saison la plus arrosée c'est le Printemps avec 137.8mm, puis l'Hiver avec 111,5mm, l'automne avec 105.6mm et en fin l'Eté avec 89.68mm donc nous avons un régime saisonnier de type PHAE (Figure 04).

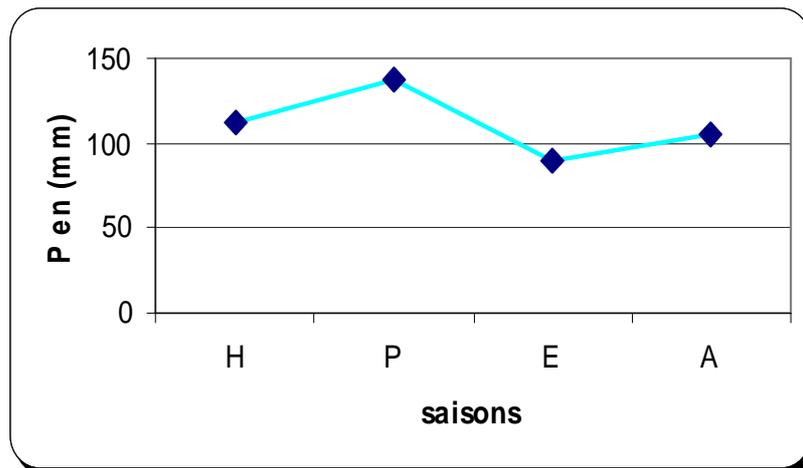


Figure 04 : Le régime saisonnier des précipitations à la station d'El Hamma- (période 1995-2007

)

B) à la station de Babar

Le régime saisonnier des précipitations à la station de Babar est extrêmement différent de ce lui de la station d'El Hamma où on observe que la saison la plus arrosée c'est l'Automne avec 124,8mm, l'Eté avec 107,9mm, l'Hiver avec 90.24mm et la saison La plus sèche c'est le Printemps avec 90,18mm, donc le régime saisonnier est de type AEHP, (Figure 05). Ce décalage du classement de saisons est du à cause de caractère orageux qui caractérise la région pendant l'Eté et L'Automne, parce que nous somme dans une zone de transition entre le Sahara et le Nord.

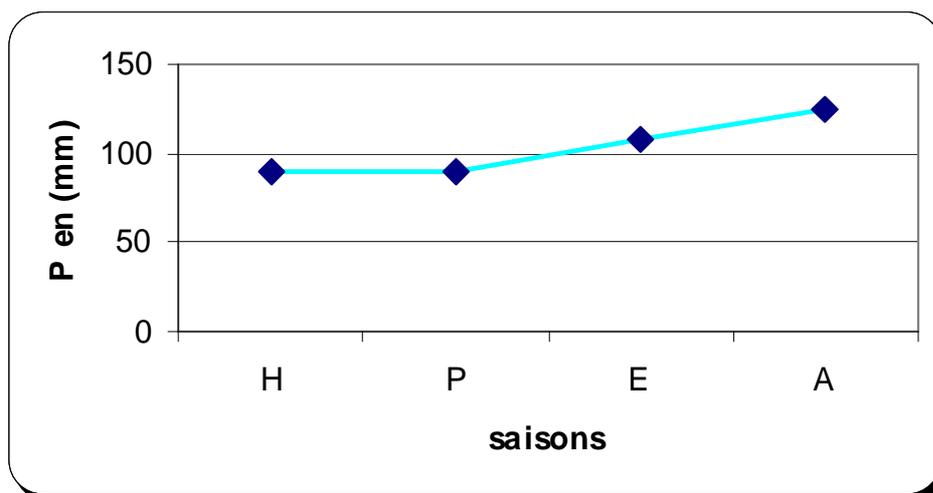


Figure N°05 : Le régime saisonnier des précipitations à la station de Babar (période 1995-2007)

C) à la station de Biskra

A partir de la figure 06 on constate que la répartition des précipitations saisonnière dans la station de Biskra suit le régime HAPE : avec la plus grande valeur en Hiver (39,77mm) et la plus faible valeur en Eté (15,49mm).

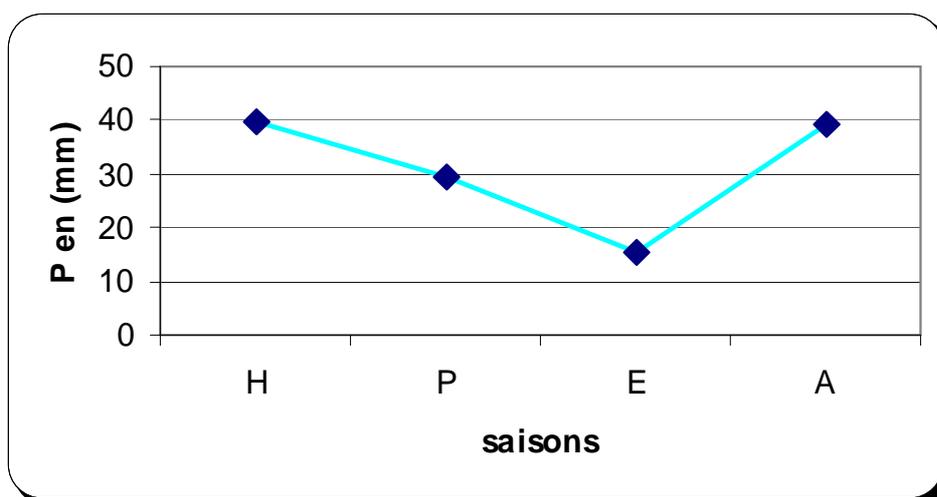


Figure 06 : Le régime saisonnier des précipitations à la station de Biskra (période 1995-2007)

II.2.1.4. Variation et régime des précipitations mensuelles

Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'écoulement saisonnier, des régimes de cours d'eau, de l'adaptation de la végétation et de l'agriculture (Djebaili, 1978).

Les hauteurs des précipitations mensuelles calculées pour les trois stations étudiées sont portées dans le Tableau 04

II.2.1.4.1. Variabilité des précipitations mensuelles dans le temps

Les valeurs des précipitations moyennes mensuelles durant la période (1995-2007), traduisent clairement les variations mensuelles des précipitations. Cette variation temporelle des pluies est caractérisée par des tendances qui se différencient d'une station à l'autre. La répartition des pluies mensuelles est irrégulière dans les trois stations : Le mois le plus humide est le mois de décembre et Mai pour la station d'El Hamma avec une moyenne de 57,57mm, le mois le plus humide à la station de Babar est le Mois de Novembre avec 58.43mm, tandis que le mois représentant la moyenne la plus élevée à la station de Biskra est le mois de Janvier avec 20,43mm seulement.

Par contre pour le mois le plus sec est le même dans les trois stations, qui est représenté par le mois de Juillet respectivement à El Hamma, Babar et Biskra : 14,77mm, 21,26mm et 0,46mm, (Figure 07)

Il est à noter qu'il existe deux périodes :

- l'une humide recouvrant les mois de Janvier, Février, Mars, Avril, Mai, Septembre, Novembre et Décembre à la station d'El Hamma et Les mois Janvier, Février, Mars, Avril, Septembre, Octobre, Novembre et Décembre, à la station de Babar et l'absence de cette période pour la station de Biskra ;
- la seconde sèche couvre le mois de Juin, Juillet, Août et Octobre à la station d'El Hamma et les Mois de Mai, Juin, Juillet et Août à la station de Babar et tous les mois de l'année à la station de Biskra.

II.2.1.4.2. Variabilité des précipitations dans l'espace

L'examen attentif du Tableau 04 et les Figure 07 montrent que les moyennes pluviométriques mensuelles de la série (1995-2007) varient extrêmement dans les trois stations selon l'altitude, l'exposition aux vents humides l'alignement Nord-Sud.

Station \ Mois	Mois											
	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
Babar	25,96	23,19	41,1	33,38	26,8	30	21,26	13,73	53,56	41,74	58,43	24,63
Biskra	20,43	6,449	12,89	18,21	7,189	4,052	0,462	2,605	12,42	7,346	18,92	13,13
El Hamma	46,08	30,57	34,85	44,75	57,57	35,47	14,77	39,44	53,65	35,75	34,72	35,16

Tableau 04 : Les valeurs du régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

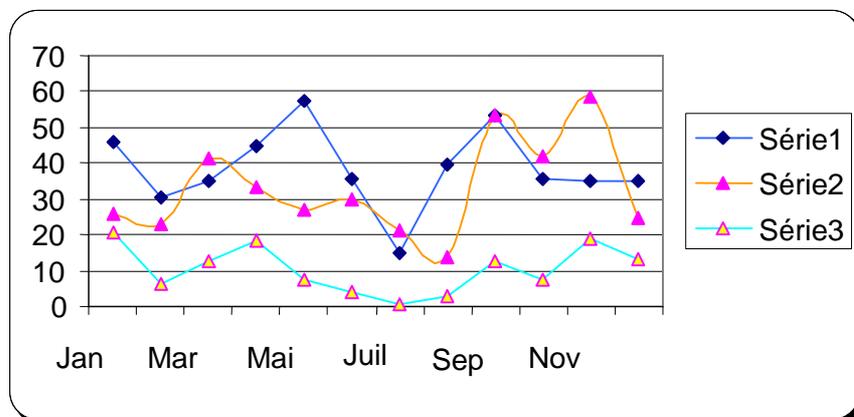


Figure 07: Le régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

II.2.2. Les températures

Introduction

La température représente un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 2002).

Pour la caractérisation de ce paramètre il faut connaître plusieurs variables: la moyenne des maxima (M), la moyenne des minima (m) la moyenne mensuelle $(M+m)/2$ et l'amplitude thermique $(M-m)$.

II.2.2.1 Les températures minimales absolues

Les basses températures constituent le principal facteur environnemental limitant pour la physiologie des plantes, en effet elles déterminent la période des gelées hivernales (Ramade, 1984).

Leurs valeurs moyennes sont portées dans le Tableau 05 et la Figure 08, pour chaque mois de la période allant de 1995 à 2007.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Station El Hamma	-2,4	0,4	6,7	10	13	12,1	8,9	5,6	1	-1,3	-2,1	-2,3
Babar	-1	0,6	-0,4	0,8	7,1	12,9	16,5	15	11,5	6,5	-0,5	-2,5
Biskra	-1	0,2	1	5,5	8,4	16,4	20,2	19,1	12	8,2	2	-1

Tableau 05 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

Les valeurs les plus faibles (début de gelée) sont enregistrées pendant les mois de, Octobre, Novembre, Décembre et Janvier à la station d'El Hamma, de Novembre, Décembre et Janvier à la station de Babar et de Décembre et Janvier à la station de Biskra.

Les valeurs élevées des températures minimales absolues sont observées au mois de Juin à la station d'El Hamma, et en Juillet pour les stations de Babar et Biskra.

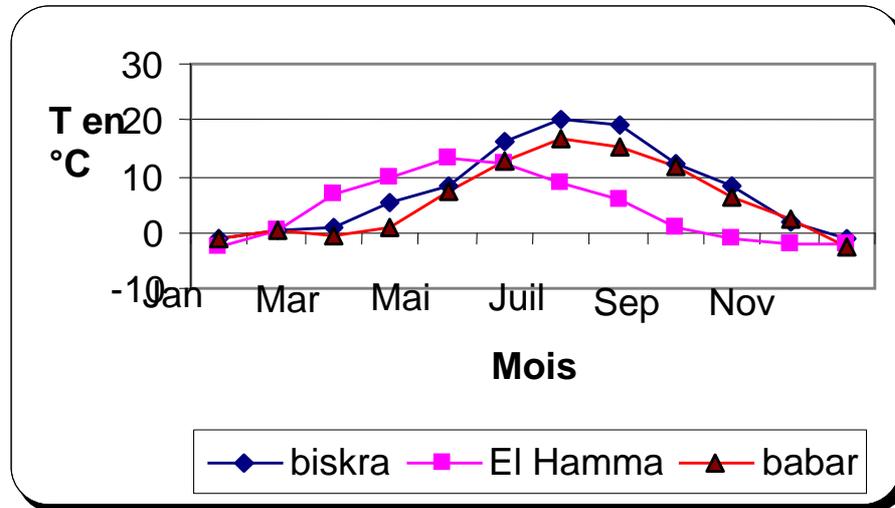


Figure 08 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

II.2.2.2. Les températures maximales absolues:

Les valeurs des températures maximales absolues représentées dans le Tableau 06 et par la Figure 09 pour trois stations montrent que les maxima les plus bas sont enregistrés en Janvier à la station de Biskra avec 24°C, et en Décembre aux stations d'El hamma avec 18.6°C et Babar avec 16.4°C.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juillet	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
Station El Hamma	20,6	24,7	25,4	29,2	36,2	37	38,1	38,6	30,6	30,9	20,8	18,6
Babar	22,6	16,9	20,6	30,6	31,3	38,5	40,2	39,8	35,7	34,2	29,7	16,4
Biskra	24	28	31,1	38	40	46	47,5	49,2	43	38,4	29,5	26,5

Tableau 06 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant le mois de Juillet à la station de Babar avec 40.2°C et en Août pour la station d'El Hamma avec 38.6°C et la station de Biskra Avec 49.2°C

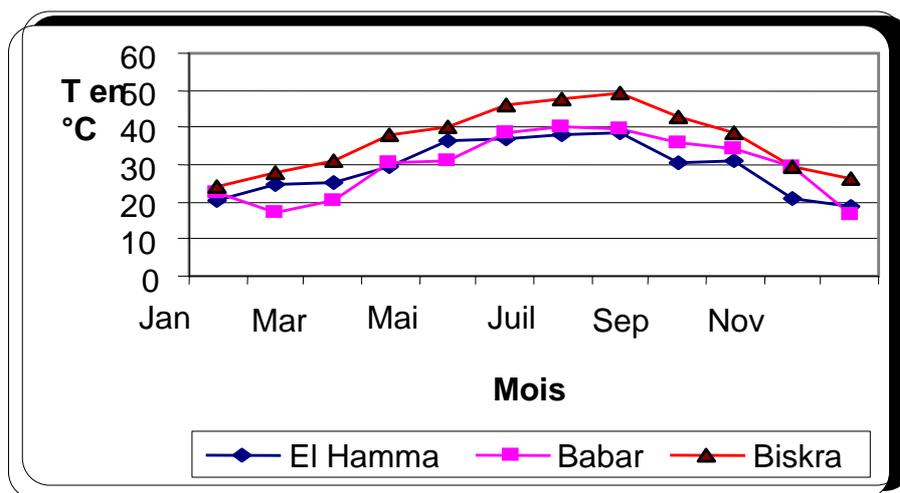


Figure 09 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

II.2.2.3. Les températures moyennes minimales mensuelles:

Les résultats d'enregistrement des températures moyennes minimales mensuelles représentées dans le Tableau 07 et par la Figure N°10 montrent que les moyennes les plus basses sont enregistrées au mois de janvier la station de Biskra avec 6.9°C et au mois de Février par les stations d'El Hamma avec 2°C et Babar avec 1.2°C.

Mois \ Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
El Hamma	2,4	2	5,1	7,6	11,9	15,8	18,8	17,2	15,2	12	7,5	3,4
Babar	4	1,2	5,8	9	13,1	17,8	21,9	21,7	15,5	14,7	6,9	2,7
Biskra	6,9	8,5	11,3	14,6	19,4	24,2	27,3	27,3	23,1	17,9	12	10,1

Tableau 07 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

Les valeurs les plus élevées sont observées au mois de Juillet pour les trois station avec un maximum à la station de Biskra avec 27.3°C et 21.9°C à Babar et 18.8°C à El Hamma. Il est à noter que la station de Biskra représente les valeurs les plus élevées le long de l'année par rapport aux deux autres stations.

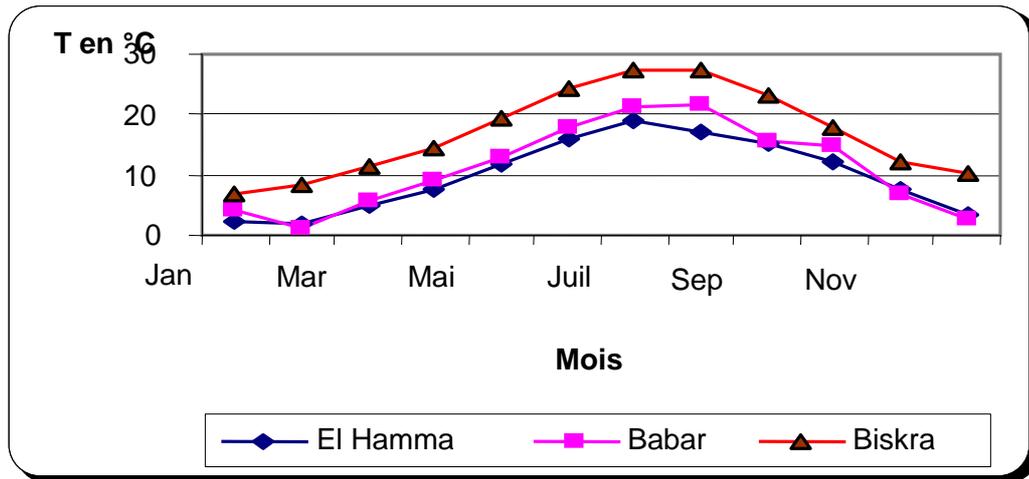


Figure 10 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

II.2.2.4. Les températures moyennes maximales mensuelles

Les données des moyennes maximales illustrent d'une manière précise que les moyennes maximales mensuelles les plus élevés pendant le mois de Juillet sont comprises entre 33.6°C à la station d'El hamma, 36.5°C à la station de Babar et 40.15°C à la station de Biskra. (Tableau 08 et Figure 11)

Mois \ Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
El Hamma	10,6	12,4	15,4	19,6	25,3	31,3	33,6	33,5	24,7	24,7	24,6	15,7
Babar	11,3	9,4	14,6	19,2	25,4	32	36,5	34,1	27	24,2	16,4	11,3
Biskra	16,72	19,11	22,61	26,09	31	36,74	40,15	39,39	34,1	28,62	21,56	17,56

Tableau 08 : Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

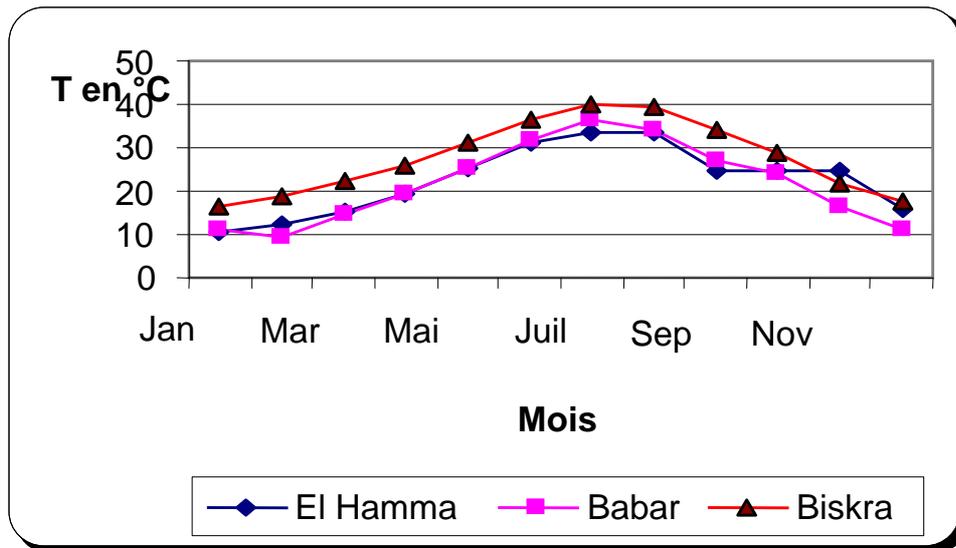


Figure 11 : Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

Les valeurs les plus basses sont enregistrées pendant le mois de Février pour la station de Babar avec 9.4°C et pendant le mois de Janvier pour les stations de Biskra avec 16.71°C et El Hamma avec 10.6°C

II.2.2.5. Les températures moyennes mensuelles

« Souvent les températures moyennes mensuelles sont calculées à partir de différentes méthodes. Dans notre étude nous avons utilisé la méthode de la sommation des extrêmes et le calcul de leur moyenne arithmétique : » (Aliane et Medjrab, 1981)

$$\frac{M + m}{2}$$

où:

M: moyenne des maxima;

m: moyenne des minima .

Le Tableau 09 et la Figure 12 montrent que les températures moyennes mensuelles atteignent leur minima au mois de Janvier aux stations de Biskra avec 11.6°C et El Hamma avec 6,6°C et au mois de Décembre à la station de Babar avec la plus faible valeur de 5,7°C.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
Station El Hamma	6,6	7,4	10,7	13,6	18,6	23,3	26,2	26,1	21,1	18,3	11,5	7,6
Babar	6,4	5,7	9,6	16,7	22,6	26,9	28,1	27,3	21,7	16,2	15,6	5,7
Biskra	11,6	13,58	17,32	21,02	26,65	31,62	34,46	33,99	28,7	23,14	16,58	12,35

Tableau 09 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

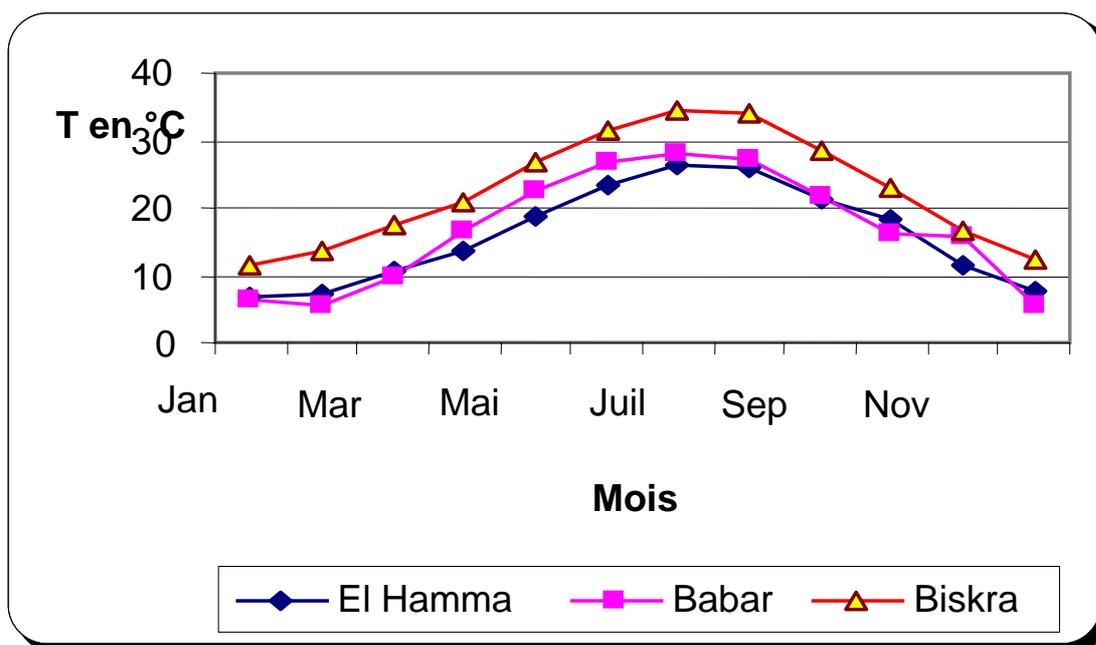


Figure 12 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

Les valeurs maximales des températures moyennes mensuelles sont enregistrées pendant le mois dans les trois stations, avec toujours, la valeur supérieure à la station de Biskra 34,46°C et 26.2°C et 28.1°C respectivement à El Hamma et Babar.

II.2.2.6. L'amplitude thermique annuelle

L'amplitude thermique annuelle c'est l'écart entre la température du mois le plus chaud et celle du mois le plus froid comme le montre le Tableau 10 : l'amplitude la plus élevée est enregistrée à la station de Babar.

paramètres station	T du Mois le plus chaud (M) en °C	T du Mois le plus froid (m) en °C	Amplitude thermique. (M-m)
El Hamma	33,6	2	31,6
Babar	36,5	1,2	35,3
Biskra	40,15	6,94	33,21

Tableau 10 : Les valeurs de l'amplitude thermique aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

II.3 .La synthèse climatique :

La combinaison de deux principaux facteurs climatiques: la température et les précipitations permettent de déterminer les périodes sèches et humides ainsi que la localisation de l'étage bioclimatique bien définie d'une région donnée à l'aide du Diagramme ombro-thermique et du coefficient pluviométrique d'EMBERGER (Qp). (Ladlani I. 2007)

II.3.1. Le diagramme ombro-thermique:

L'analyse des températures et les précipitations permet de tracer les courbes ombro-thermique , (Figure 13, 14 et 15) qui met en évidence la durée de la période de sécheresse pour les trois stations.

Pour GAUSSEN.H et BAGNOULS, un mois sec est celui ou le total des précipitations (mm) est inférieur ou égal au double de la température moyenne (Hamida, 2004).

Pour chaque station on établit un diagramme pluviométrique dans lequel les températures sont portées à l'échelle double des précipitations,

La lecture de la courbe ombro-thermique d'El Hamma (Figure 13) montre que la période sèche débute du mois de Juin jusqu'au mois d'Août puis le mois d'Octobre.

La période humide commence du mois de Septembre puis Novembre jusqu'au mois de Mai.

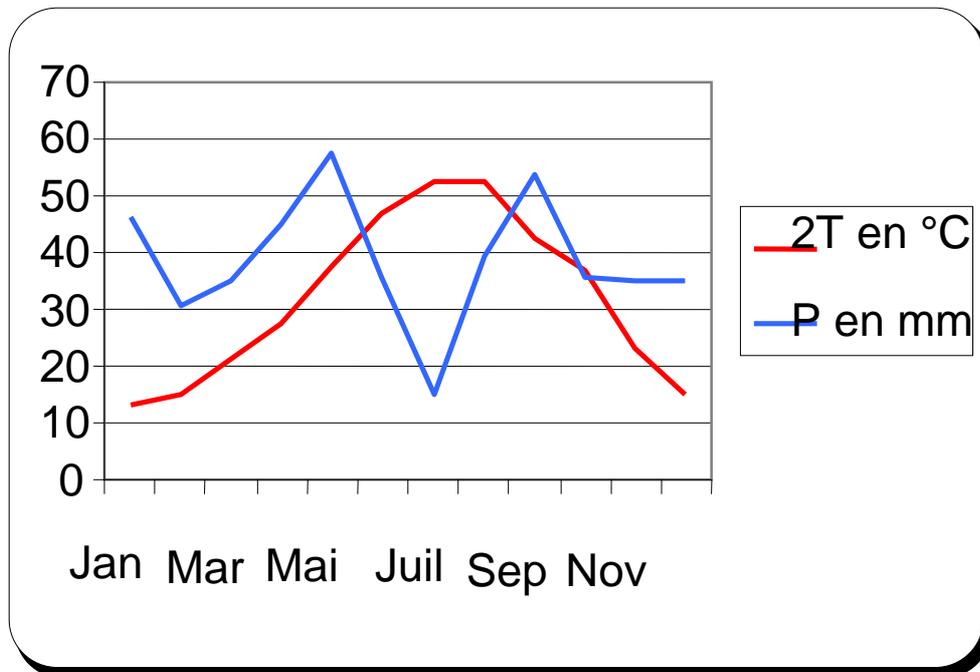


Figure 13 : Diagramme ombro-thermique à la station d'El Hamma période (1995-2007)

A la station de Babar la période sèche débute du mois de Mai jusqu'au mois de Septembre. La période Humide couvre les mois de septembre jusqu'au moi d'Avril. (Figure 14)

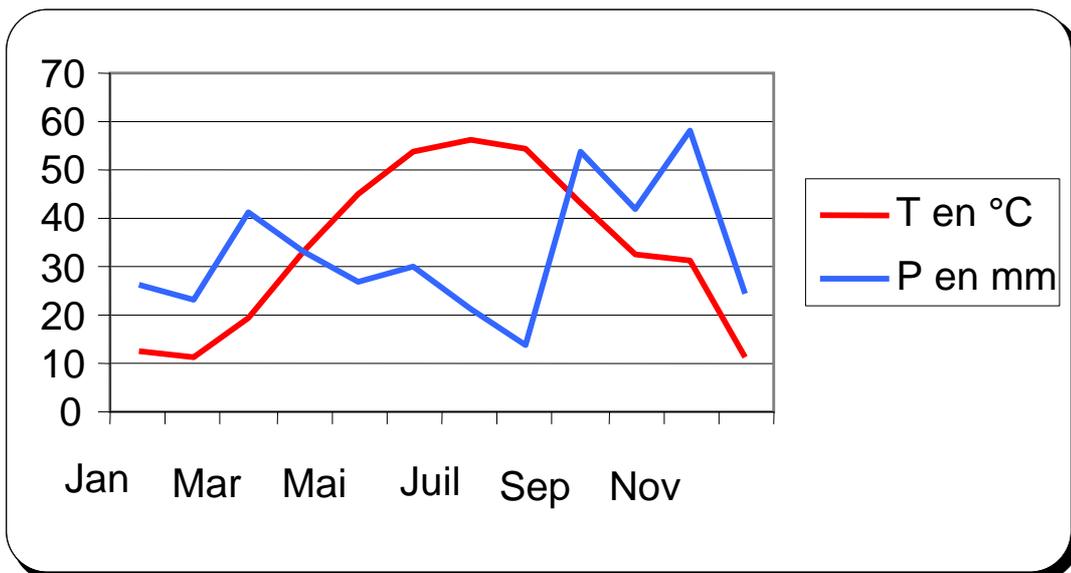


Figure 14 : Diagramme ombro-thermique à la station de Babar période (1995-2007)

A la station de Biskra on observe l'absence totale de la période humide le long de l'année comme le montre la figure 15

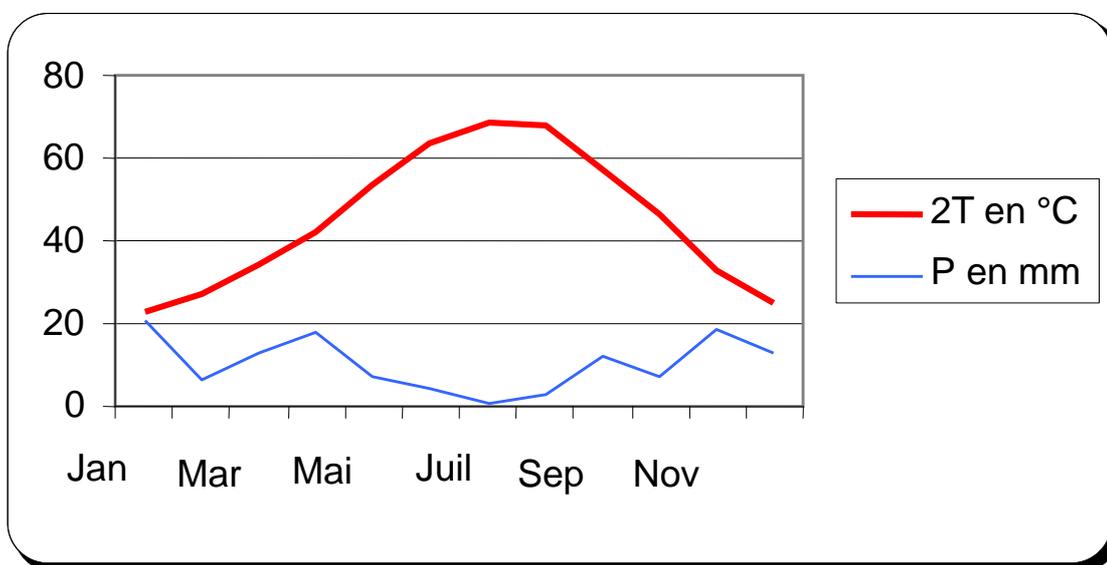


Figure 15 : Diagramme ombro-thermique à la station de Biskra période (1995-2007)

II.3.2 Climagramme d'EMBERGER:

Pour représenter le climat de chaque station étudiée, nous utilisons le climagramme d'EMBERGER qu'est un abaque comportant en ordonnées les valeurs de Q_2 données par la relation:

$$Q_2 = \frac{1000P}{\frac{(M+m)}{2(M-m)}}$$

Et en abscisse, la moyenne des minima de la saison froide (hiver). Tableau 11)

Où:

M: moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré absolu (K°);

m: moyenne des minima du mois le plus froid en degré absolu (K°);

P: précipitation moyenne annuelle (mm) (Arlery, 1973).

paramètres	Q_2	M ($^\circ K$)	M ($^\circ K$)	P (mm)
station				
El Hamma	50,36	275	306,6	462,8
Babar	38,22	274,2	309,5	393,8
Biskra	12,6	279,94	313,15	124,1

Tableau 11: Les valeurs du quotient pluviométrique d'EMBERGER aux stations de El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

La réalisation de l'abaque (Figure 16) à partir des données représentées dans le tableau 11 nous permet de déterminer les étages bioclimatiques aux quelles appartiennent les trois stations.

La station d'El Hamma appartient à l'étage bioclimatique semi-aride supérieur à Hiver frais.

La station de Babar appartient à l'étage bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais.

La station de Biskra appartient à l'étage bioclimatique saharien à Hiver doux

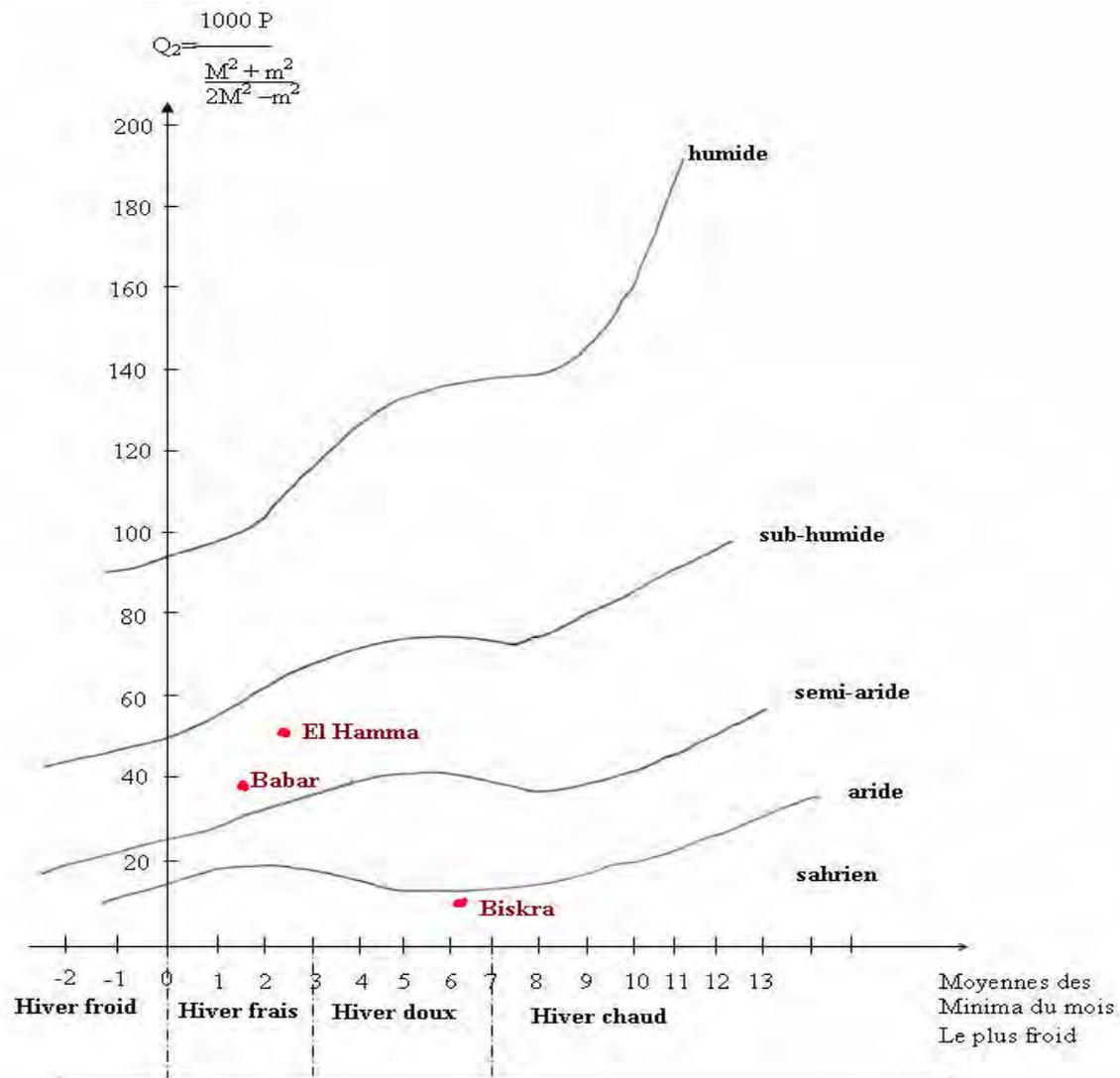


Figure 16 : Le climagramme d'EMBERGER des stations : d' Elhamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2007)

II.4. Autres paramètres :

Pour les autres paramètres climatiques nous ne disposons pas des données dans toutes les stations surtout à la station de Babar.

II.4. 1. L'évapotranspiration potentielle (ETP)

« Le terme "évapotranspiration" désigne la quantité de vapeur d'eau rejetée dans l'atmosphère tant par évaporation directe au niveau du sol lui-même que par transpiration des organes aériens des plantes (Gaume, 2002).

Lorsqu'un couvert végétal étendu et couvrant bien le sol est abondamment pourvu en eau, c'est-à-dire lorsque les végétaux qui le composent peuvent puiser sans restriction dans l'environnement aérien, l'évapotranspiration croît et tend vers une limite maximale que l'on peut considérer comme l'un des aspects de l'évapotranspiration potentielle (ETP) ». (Bouchet et Gerbier, 1975, in Musy, 2001).

L'ETP est étroitement liée :

- à la quantité d'énergie apportée à la surface évaporante;
- à l'évacuation de la vapeur d'eau de la surface évaporante;
- à la végétation: l'albédo, couverture du sol, profondeur des racines...;
- au sol: la rétention d'eau (PF), la profondeur, le drainage, l'écoulement et enfin l'ascension capillaire (surtout les propriétés physiques du sol).

L'analyse des moyennes mensuelles en (mm) portées dans le tableau 12 et la figure 17 nous permettent d'observer que les valeurs de l'ETP sont extrêmes le long des mois D'Eté avec un maximum de 472.8mm à la station de Biskra et de 298mm à la station d'El Hamma au mois de Juillet, cette augmentation de l'ETP s'explique par le manque de précipitation dans cette saison surtout dans les régions de Biskra.

Les valeurs les plus basses sont observées durant la saison d'Hiver pour la station de Biskra avec un minimum de 132.7mm au mois de Janvier, à la station d'El Hamma les minimums sont observés durant les mois de Novembre, Décembre et Février avec la faible valeur de 65mm au mois de Janvier.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec	Total
Station El Hamma	65	72	119	135	192,5	203	298	148	144	139,7	91,8	70,5	1679
Biskra	140,4	164,1	230,3	303,9	369,1	425,8	472,8	439,4	310,6	235,9	162,9	132,7	3388

Tableau 12 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (en mm) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007))

L'observation la plus pertinente sur des données de l'ETP quelles sont toujours supérieures aux données des précipitations le long de l'année se qui explique la rareté des précipitation et l'augmentation des températures ; se qui provoque l'augmentation de la demande climatique en eau, et par conséquence la création d'un déficit climatique important qu'est de 1216mm par an à la station d'El Hamma et de 3263.9mm par an à la station de Biskra.

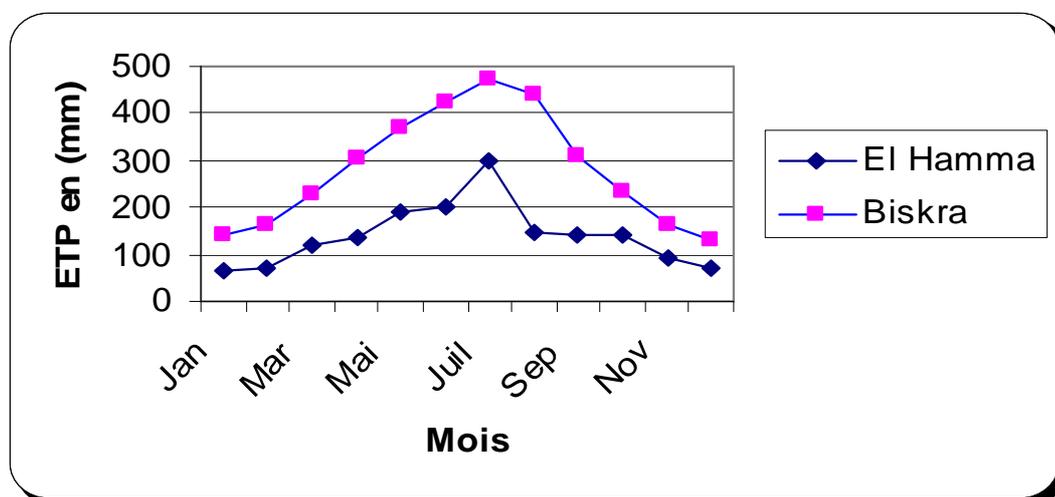


Figure 17 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle(en mm) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007))

II.4. 2. L'humidité relative

L'humidité relative de l'air (ou degré d'hygrométrie), couramment notée φ , correspond au rapport de la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air, P_{vap} , sur la pression de vapeur saturante ou tension de vapeur à la même température $P_{\text{sat}}(T)$.

Exprimée souvent en pourcentage, son expression devient

$$\varphi [\%] = \frac{P_{\text{vap}}}{P_{\text{sat}}(T)} \times 100$$

L'humidité relative est souvent appelée degré [hygrométrique](#). Une fois atteinte la saturation (100% d'humidité relative), des gouttelettes d'eau apparaissent dans l'air et l'humidité relative ne varie plus. On a création d'un [brouillard](#).

La pression de vapeur saturante, quant à elle, correspond à la pression partielle de vapeur d'eau contenue dans l'air saturé. La pression de vapeur saturante est une fonction croissante de la température. Ainsi, pour une même quantité d'eau dans l'air, un air chaud aura une humidité relative plus basse qu'un air froid. Ainsi, pour assécher l'air (au sens de l'humidité relative), il suffit de le réchauffer (Ghachi, 1982).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Station El Hamma	69,9	67,8	61,8	60,5	57	47,3	41	46,1	58,9	58,3	67,1	71,2	58,91
Biskra	55,57	48,5	42,2	37,03	33,4	29,1	25,73	29,17	38,7	46,43	53,77	57,73	41,44

Tableau 13 : Les valeurs mensuelles de l'humidité relative (en %) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007))

Les résultats de ce paramètre porté dans le Tableau 13 et la figure 18 montrent que l'état hygrométrique de l'air est plus sec en Eté surtout à la station de Biskra atteignant 25.73% en Juillet et 41% dans le même mois à la station de El Hamma.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant l'Hiver en Mois de Décembre dans les deux stations avec 71.2% à la station d'El Hamma et 57.73% à la station de Biskra.

La moyenne de la série d'observation est de 58.91% à la station d'El Hamma et 41.44% à la station de Biskra, (Figure 18), ce qui révèle que l'aspect aride des deux stations et surtout, la station de Biskra.

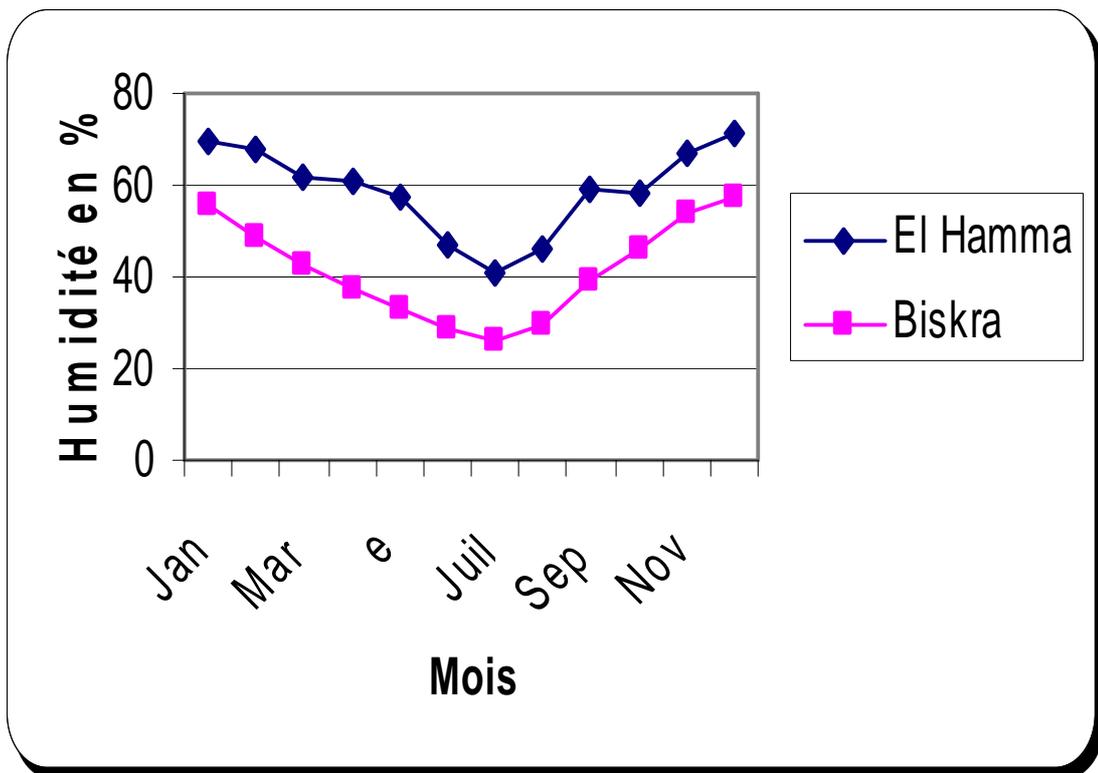


Figure 18 : Les valeurs mensuelles de l'humidité relative (en %) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007))

II.4. 3. Les vents

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	e	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
Station El Hamma	3,1	4,1	4,7	4,6	3,8	3,6	3,5	3,3	3,3	3	3,9	3,9
Biskra	3,7	4,1	4,6	4,8	4,6	4,1	3,4	3,3	3,1	3,2	3	3,5

Tableau 14 : Les valeurs mensuelles de la vitesse des vents (en m/s) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007))

Les valeurs de la vitesse moyenne des vents, (Tableau 14 et Figure 19) révélant que les vents sont modérés durant juillet jusqu'à Janvier et assez fort dans le reste de l'année se qui coïncide avec la période des vent de siroco et les vents de sable dans la région de Biskra.

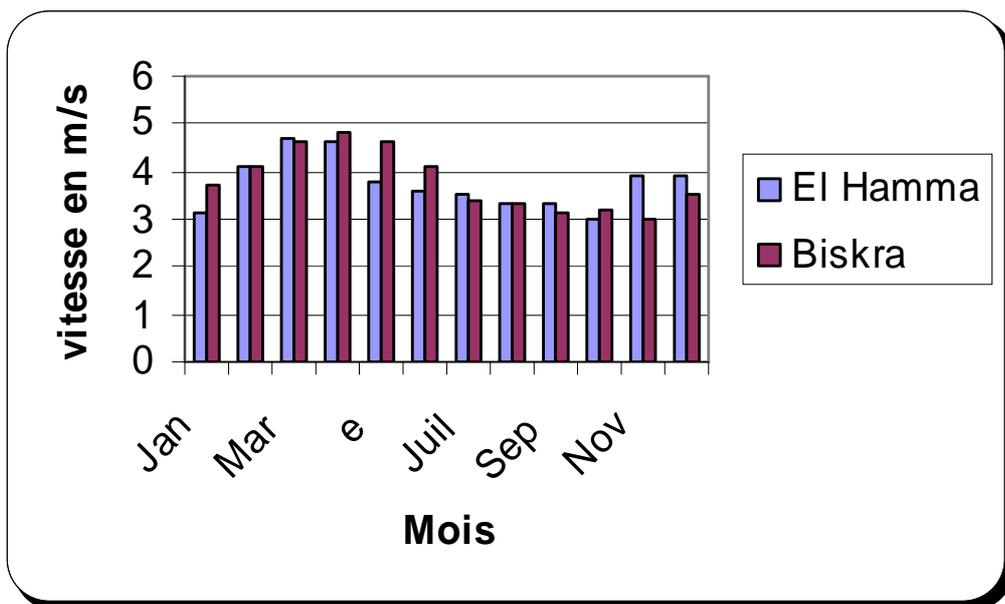


Figure 19 : Les valeurs mensuelles moyennes de la vitesse des vents aux stations de Biskra et d'El Hamma (période (1995-2007))

II.4. 4. Durée de l'insolation

L'insolation est, au sens météorologique — distinct du sens médical — , l'exposition d'un objet au rayonnement solaire direct ; cette exposition est correctement révélée, estime-t-on, par la présence d'ombres portées nettement dessinées : on considère alors que la production de telles ombres est possible lorsque l' éclairage de l'objet par le Soleil a une valeur au moins égale à 120 watts par mètre carré, ce qui permet de déterminer à chaque instant s'il y a ou non insolation.

On emploie couramment la locution " durée d'insolation " pour désigner la somme des intervalles de temps durant lesquels un objet fixe est soumis à insolation au cours d'une période donnée que l'on choisit (Capderou, 1985).

On ne dispose pour ce paramètre que des données de la station de Biskra dont Les valeurs mensuelles sont représentées dans le tableau 15.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	total
Station Biskra	224,7	231,4	267,3	286,3	321,5	335,4	359,9	330,4	277,5	252,5	222,7	220,1	277,5

Tableau 15 : Les valeurs mensuelles de l'insolation en (heurs/mois) à la station de Biskra

Les résultats d'enregistrement montrent que la durée de l'insolation est importante le long de l'année surtout en Eté où elle dure presque tout la journée si on considère la durée du jour est de 360 heurs, avec une moyenne mensuelle de 277.5 heurs Soit 77% du la durée totale du jour le long de l'année.

II.5. Conclusion

L'étude bioclimatique que nous avons réalisée confirme que le climat de la région d'étude relève une irrégularité très importante entre ses différentes zones où en passe d'un climat semi-aride au Nord vers un climat purement désertique au Sud.

- La première zone (les station de El Hamma et Babar) est caractérisé par deux saisons bien tranchées : une saison relativement humide assez lente de 8 mois environ ; et une saison estivale, sèche et chaude de 4 mois environ.
- La deuxième zone désertique caractérisée par une période sèche qui s'étale sur les douze mois de l'année.

Suite a l'étude de différents indices décrits précédemment, on peut conclure que la région d'étude représente des étages climatiques différents; l'un semi aride à Hiver frais (les stations de El Hamma et Babar), le second désertique à Hiver doux (la station de Biskra).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top. The scroll is outlined in black and has grey circular elements at the corners, suggesting it is unrolled.

CHAPITRE III

ETUDE EDAPHIQUE

Introduction :

La pédologie est la science des sols qui étudie leurs caractéristiques physiques, chimiques et biologiques ainsi que leur évolutions. (Mrabet, 2003). Dont l'édaphologie est un volet de la pédologie qui a pour objectif de connaître les propriétés physico-chimiques du sol (texture, structure, taux d'humidité, taux nombre d'horizons,...) et qui ont une influence profonde sur la répartition des formations végétales. (Barbero et Quezel, 1982).

Le sol ou couverture pédologique forme la couche superficielle meuble qui couvre la roche mère. Son épaisseur varie de quelques centimètres à quelques mètres. Il est pour la plante un support et un milieu nutritif. Le sol est constitué de deux fractions : une fraction minérale composée d'éléments de tailles variables et une fraction organique représentée par les êtres vivants et leurs débris.

III.1. Méthodologie :

Pour le pédo-phytosociologue le choix de l'emplacement du profil à réaliser, est conditionné essentiellement d'une part par la composition floristique du groupement végétal que l'on se propose d'étudier du point de vue pédologique, et d'autre part par la nature du substratum sur lequel s'est formé le sol .(Aubert, 1986)

Pour notre étude, les échantillons ont été prélevé juste au dessous des pieds du genre (*Tamarix*), que nous sommes entrain d'étudier, avec un creusement dans la Rhizosphères (10 à 20 cm), dans les sites de Garat El Taref , Oued El Arab et Ouazarne.

III.2. Analyses Physico-chimiques

III.2.1 Analyse physique :

La propriété physique du sol est liée à sa texture et sa structure. Elle joue un rôle essentiel dans l'aération du sol et à la vie des organismes, dans la résistance à l'érosion du sol et en fin dans sa perméabilité et son lessivage.

III.2.1 .1. L'analyse granulométrique :

La texture est la composition granulométrique du sol après la destruction de tous les agrégats par dispersion des colloïdes flocules.

Cette analyse permet de connaître (sous une forme pondérale) la répartition des particules minérale < 2 mm selon des classes de grosseur. Une fois admises les limites des différentes classes de dimensions de particules, il s'agit de déterminer la répartition statistique des particules d'un échantillon dans ces différentes classes granulométriques. (Baize, 2000)

L'analyse granulométrique complète comprend deux opérations :

III.2.1.1.1. Méthodes par tamisage :

Les étapes sont les suivantes :

- étuver l'échantillon pendant 4h à 100°C.
- peser l'échantillon.
- passer l'échantillon à travers le tamis 80µm sous l'eau (méthode de lavage).
- récolter le passant dans un bac pour l'essai sédimentométriques et étuver le refus.
- faire passer le refus séché à travers une colonne de tamis (de dm à 80 µm).
- noter les refus dans un tableau spécifier. (tableau des résultats voir annexes)

III.2.1. 1.2. Méthode de sédimentation :

Préparation de la prise d'essai :

- Désagréger puis homogénéiser le tamisât du bac après avoir séché.
- Prélever une prise d'essai de 80g 610g

Imbibition de la prise d'essai :

- Introduire la prise d'essai dans un récipient utilisé avec l'agitateur mécanique
- Ajouter 500 cm³ du mélange (400 cm³ d'eau distillée+60 cm³ à 5% d'haxamétaphosohate de sodium)
- Laisser imbiber l'échantillon 15h au moins
- Dispersion a l'agitateur mécanique pendant 3min minimum à 1000 tr/min.

Exécution de l'essai :

- Verser la suspension dans une éprouvette d'essai.
- Rincer le récipient ainsi que l'arbre et les palettes de l'agitateur avec de l'eau distillé
- Recueillir le liquide de rinçage dans l'éprouvette
- Compléter par de l'eau distillé a la température ambiante jusqu'à 2000 cm³
- Verser 2000 cm³ de la même eau distillé dans une seconde éprouvette témoin
- Plonger le thermomètre et le densimètre parfaitement propres dans l'éprouvette témoin
- Agiter vigoureusement verticalement la suspension au moyen de l'agitateur manuel
- Retirer l'agitateur manuel et déclencher au même moment le chronomètres
- Plonger le densimètre avec précaution dans la suspension immédiatement après le déclenchement du chronomètre.

III.2.1.1.3. Réalisation des mesures :

- éprouvette de la suspension
- Faire les lectures aux temps suivants sans retirer le densimètre en minutes.
- Plonger le densimètre dans la solution au moins 30s avant la mesure, puis le retirer après chaque mesure dans les lectures suivantes :
- Faire les lectures du densimètre au sommet du ménisque.

La dimension des grains déterminée par sédimentométrie est indiquée d'après le diamètre des sphères de même poids spécifique qui sédimentent au cours de l'essai à même vitesse (diamètre équivalent).

Selon (Afnor, 1996 ; in Baize, 2000), selon leurs besoins, les pédologues subdivisent la terre fine (<2 mm), selon les norme français, en 3, 5, ou 8 fractions selon le tableau ci-dessous :

			0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	
←	A	LF	LG	SF ₁	SF ₂	SG ₁	SG ₂	SG ₃	EG
	A	LF	LG	SF		SG			EG
	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sable fins		Sable grossiers			
	A	LT = limons totaux		ST = sable totaux				EG	

en mm

Tableau 16 : Les classes texturales selon les normes françaises (Afnor, 1996 ; in Baize, 2000).

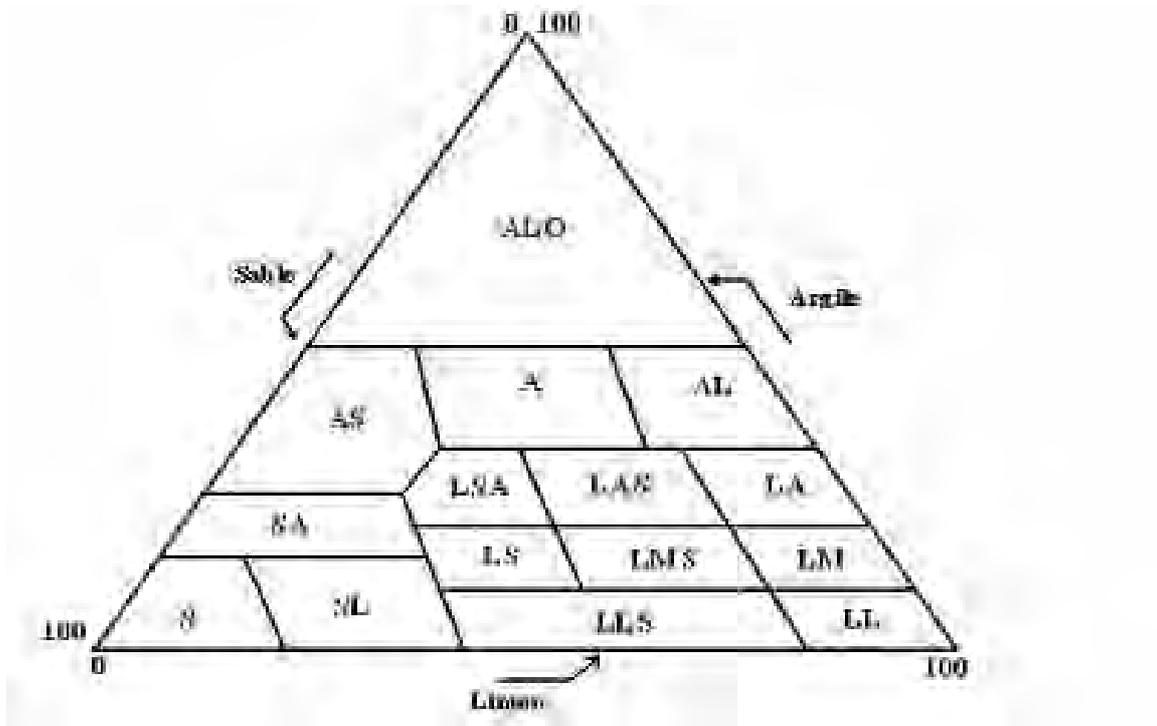
Après destruction de la matière organique par un oxydant énergétique, les particules minérales sont dispersées à l'aide d'un dispersant alcalin (hexamétaphosphate de sodium) ; les particules grossières (d supérieur à $50\mu\text{m}$) sont séparées par tamisage ; les particules moyennes et fines sont obtenues par la mesure de la vitesse de sédimentation (méthode d'analyse à pipette de Robinson, par l'application de loi de Stoke ; plus une particule est grosse est plus elle tombe vite dans l'eau, sachant que la température de l'eau influe sur cette vitesse) par exemple, fraction fin (d inférieur à $2\mu\text{m}$) 8 heures sur 10cm, à 20°C .

Les résultats sont représentés dans le tableau 17 pour les trois sites d'étude.

Site	Paramètres	granulométrie				
		Arg (%)	LF (%)	LG (%)	SF (%)	SG (%)
Garat Taraf		22	7	7	43	21
Ouazerne		50	36	6	5	3
Oued El Arab		28	10	16	29	17

Tableau 17 : Résultats d'analyse granulométrique pour les trois sites d'étude

Les classes texturales sont représentées par le diagramme de classification des textures (figure 20)



S : sable	LS : limon sableux	LA : limon argileux
SL : sable limoneux	LSA : limon sablo-argileux	AS : argile sableuse
SA : sable argileux	LAS : limon argilo-sableux	A : argile
LLS : limon léger sableux	LL : limon léger	AL : argile limoneuse
LMS : limon moyen sableux	LM : limon moyen	ALO : argile lourde

Figure 20 : Diagramme de classification détaillée des textures (Jamane, 1967 ; in Baize, 2000)

Les résultats de notre étude récapitulés dans le tableau 18 traduits par les figures, 21, 22 et 23)

élément Site	Argile En %	Limons totaux En %	Sables totaux En %	Texture
Garat Taraf	22	14	64	Sablo-argileuse
Oued El Arab	28	26	46	Sablo-limoneuse
Ouazerne	50	42	8	argileuse

Tableau 18: Les classes texturales des sols des trois sites d'étude

a) Le site de Garat El Taref

La texture du sol est de nature sablo-argileuse avec un pourcentage de 14% de limons, 64% de sable et une proportion d'argile avec 22%

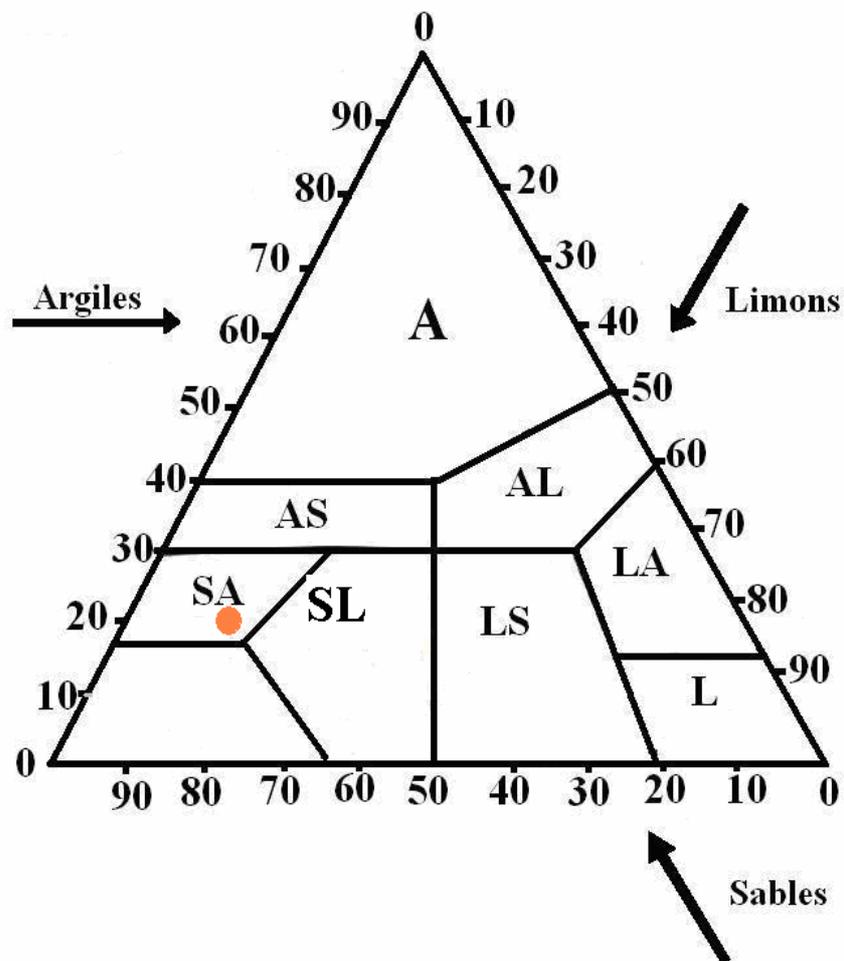


Figure 21 : La classe de texture du sol du site de Garat El Taref

b) Le site de Oued El Arab

La texture du sol est de nature sablo-limoneuse avec un pourcentage de 26% de limons, 46% de sable et une proportion d'argile avec 28%

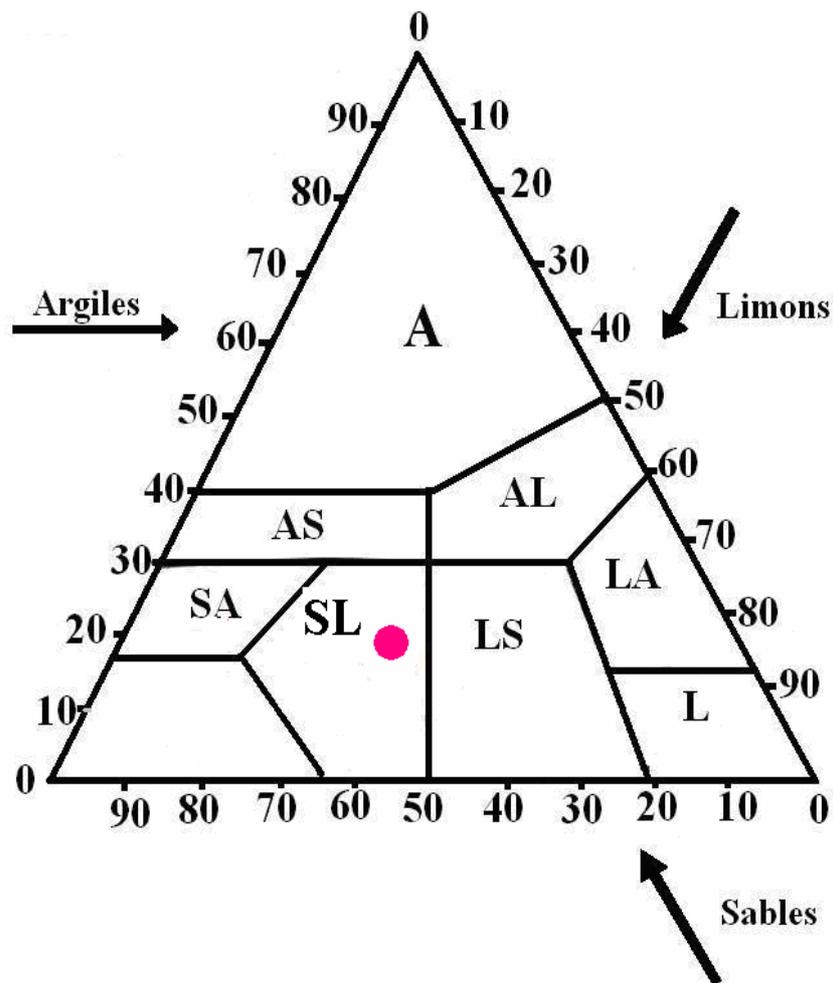


Figure 22 : La classe de texture du sol du site de Oued El Arab

c) Le site de Ouazarne

La texture du sol est de nature argileuse avec un pourcentage de 50% d'argile, 42 % de limons et une faible proportion du sable avec seulement 8%

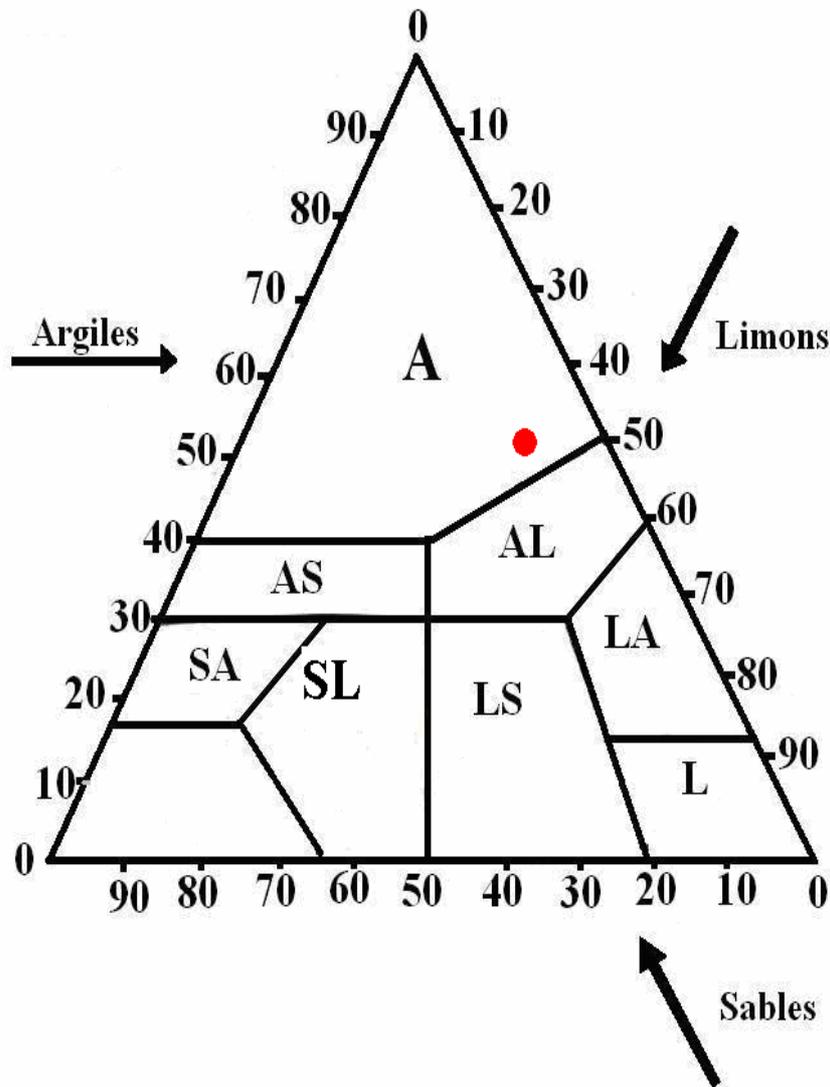


Figure 23: La classe de texture du sol du site de Ouazarne

La présence de ces différentes classes texturales se traduit par la nature de différentes stations en effet la station de Garat Taref est une Sebkhah qui favorise la formation superficielle de la

texture sablo-argileuse et la station de Oued El Arab représente un terrain d'une terrasse formée sur les berges de l'Oued se qui aboutit à la formation de la texture sablo-limoneuse, tandis que la station de Ouzerne est une zone d'épandage des crues se qui favorise les formations argileuses.

III.2.1.2. Mesure de pH :

Parmi les caractéristiques physico-chimiques d'un sol, l'acidité actuelle qui exprime la concentration en ion H^+ dissociés (libre) dans une solution de sol à un moment donné.

$$PH = \log \frac{1}{(H^+)} = \log(H^+)$$

La mesure de pH s'effectue sur une suspension de terre fine. Le rapport de suspension pour la mesure de pH à l'électrode à verre est de 1 à 2.5 (une partie de sol pour 2.5 parts d'eau) (Duchaufour, 2001)

On utilise de l'eau distillé ou change bouillée, la suspension doit être préparée 3 à 4 heures avant la mesure.

La suspension on peut l'obtenir en mélangeant 20g de terre séchée dans un bêcher de 100 ml avec 50ml d'eau distillée. Ce mélange doit être agité 2 minutes ou moyen de l'agitateur magnétique. En suite on le laisser reposer une demi- heure et on mesure le pH.

Il s'exprime selon une échelle de 0 à 14. Les valeurs faibles indiquent une acidité, les valeurs >7 correspondent à un caractère basique. AFES, 1995 ; in Baize, 2000 propose 7 « domaine » de pH dans l'eau et les qualificatifs correspondants :

pH inférieur à 3.5 hyper-acide.

pH entre 3.5 et 4.2 très acide.

pH entre 4.2 et 5.0 acide.

pH entre 5.0 et 6.5 peu acide.

pH entre 6.5 et 7.5 neutre.

pH entre 7.5 et 8.7 basique.

pH supérieur à 8.7 très basique

Les mesures sont portées dans le tableau 19

Site	Valeur du pH	Nature du pH
Garat Taraf	8.55	basique
Oued El Arab	7.93	basique
Ouazerne	7.87	basique

Tableau 19: Les résultats de mesure du pH dans les trois sites d'étude

Les résultats révèlent que toutes les stations représentent un sol basique selon l'échelle de Baize, qui décroît du Nord (8.55 à Garat Taref) vers le Sud (7.87 à la station de Ouezarne)

Ces valeurs du pH élevées (basique) se traduisent par la présence abondante des calcaires qui caractérisent surtout les sols des régions arides et semi arides d'Algérie

III.2.1.3. Détermination de conductivité électrique :

La salinité est souvent mesurée par la conductivité électrique de la solution de sol. L'unité de base de la conductivité électrique (CE) est normalement le mmho cm⁻¹ ou le mS cm⁻¹ (pour notre étude nous avons retenu le milisiemens mS cm⁻¹), mais on l'exprime le plus souvent en mmho cm⁻¹. Plus la conductivité électrique est forte, plus le sol est salé. Les sols normaux sont caractérisés par une CE inférieure à 2 mmho cm⁻¹, les sols salins et les sols salino-sodiques par une CE supérieure à 2 mmho cm⁻¹ (Bocar Ciré Ly, 1997).

La mesure de la conductivité électrique revient en principe à mesurer la résistance d'une solution de sol entre deux électrodes de platine. Cette mesure permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous, donc la conductivité permet d'avoir la fertilité et la salinité du sol.

Pour cela on mélange 10g de terre fine avec 50ml d'eau distillée (le rapport sol/eau soit égal à 1/5).on le laisse reposer ½ heure, et puis on filtre la suspension .le filtrat doit être parfaitement clair.

Le filtrat est introduit après dans la cuve de mesure de la conductivité rincée au préalable avec la solution à mesure. A l'aide du point de mesure en détermine la résistance du volume liquide entre les électrodes du conductimètre.

La conductivité étant proportionnelle à la somme des ion en solution, c'est pour cela on peut déterminer la salinité de sol en fonction de la conductivité.

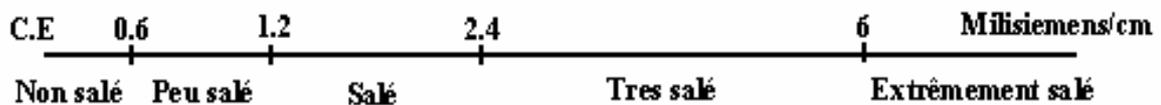


Figure 24 : Echelle de salure en fonction de la conductivité de l'extrait aqueux au 1/5.

Site	Valeur CE en mS/cm	Type du sol
Garat Taraf	3.62	Très salé
Oued El Arab	2.42	salé
Ouazerne	1.6	Peu salé

Tableau 20: Les résultats de mesure de la conductivité électrique dans les trois sites d'étude

Les résultats de mesure de la conductivité électrique (récapitulés dans le tableau 20) montrent que la station de Garat El Taref représente un substrat très salé avec une valeur de 3.62 mS/cm, en suite la station de Oued El Arab a un sol salé avec 2.42 mS/cm et en fin la station de Ouazarne représente un sol peu salé avec une valeur de 1.6 mS/cm.

La salinité élevée peu s'expliquée par la remontée des sels dans les région aride et hyperaride après un dessèchement intense après la submersion en eau ou après les crues des orages de l'Eté.

III.2.2. Analyse chimique :

III.2.2. 1. Dosage de calcaire

III.2.2. 1.1. Dosage de calcaire total (carbonates totaux CaCO_3) :

Parmi les différents éléments chimiques qui entrent dans la composition du sol, le calcaire joue un rôle essentiel non seulement dans la nutrition des plantes mais encore dans la pédogenèse (Duchaufour 1984).

Le plus souvent cette valeur est déterminée par calcimétrie volumétrique, calcimètre de Bernard, c'est-à-dire par mesure du volume de CO_2 dégradé, suite à l'action d'un excès d'acide chlorhydrique sur un poids connu d'échantillon avec celui qu'on obtient dans les mêmes conditions de température et de pression atmosphérique avec du carbonate de calcium pur.



1 molécule gramme de CaCO_3 (100g) \longrightarrow 22.4 l de CO_2

1 litre de CO_2 \longrightarrow $100/22.4 = 4.59\text{g}$ de CaCO_3

donc 0.45 g de CaCO_3 \longrightarrow 100ml de CO_2

$$\% \text{CaCO}_3 = \frac{p \cdot V}{P \cdot v} \times 100$$

Soit v : le volume de CO_2 dégradé par ;

p : prise d'essai de CaCO_3 pur.

Soit V : le volume de CO_2 dégradé par ;

P : prise d'essai de terre fine.

Le principe de cette méthode consiste à :

- peser poids du sol (0.5g) pour chaque échantillon et le mettre dans le calcimètre de Bernard ;
- ajouter un volume d'HCl (5ml) concentré dans un tube à essaie.
- On ferme l'ornel ;
- mélange l'acide avec le sol ;
- mesurer le volume de CO₂ dégagé sur le calcimètre et on utilise un témoin à blanc avec le CaCO₃ (79 ml) (Khiari, 2005).

Pour interprétation des résultats, on se réfère à l'échelle suivante.

% Calcaire total	Désignation du type du sol
>1	Non calcaire
1-5	Peu calcaire
5-25	Modérément calcaire
25-50	Fortement calcaire
50-80	Très fortement calcaire
<80	Excessivement calcaire

Tableau 21: L'échelle de classification des sols selon le taux du calcaire totale (Baize, 2000)

Les résultats récapitulés dans le tableau 22 révèlent que le sol est fortement calcaire aux stations de Garat El Taref avec 49.66% et à la station de Oued El Arab avec un taux de 37.73% et modérément calcaire à la station de Ouzerne.

Site	Taux du Calcaire totale en %	Type du sol
Garat Taraf	49.66	Fortement calcaire
Oued El Arab	37.73	Fortement calcaire
Ouazerne	24.72	Modérément calcaire

Tableau 22: Les résultats de dosage du calcaire total dans les trois sites d'étude

III.2.2. 1.2. Dosage de calcaire actif (Ca^{++})

Du taux de calcaire total présent dans la terre fine, on ne peut guère tirer de l'enseignement. Car on ignore si ces carbonates CaCO_3 sont de taille de sable ou se forme très fine. Or, pour les plantes, c'est la réactivité du calcaire qu'est importante. C'est pourquoi Drouineau en 1942 a tenté de mettre au point un test d'aptitude des carbonates à une dissolution rapide. Sous sa forme actuelle le dosage du calcaire dit actif consiste à déterminer quelle est la quantité des cations Ca^{++} réagissent avec l'oxalate d'ammonium.

Donc la détermination du calcaire actif concerne la fraction du calcium des carbonates qui est précipitée par une solution d'oxalate d'ammonium.

Dosage de l'oxalate d'ammonium résiduel par du permanganate de potassium est dit la méthode Drouineau-Galet. (Anonime :CIRAD, 2004)

Le principe de cette méthode consiste a :

- peser 2.5g du sol pour chaque échantillon et le mettre dans un Bécher de 400ml;
- ajouter 250ml d'une solution d'oxalate d'ammonium à 0.2N ;
- Agiter pendant un $\frac{1}{2}$ heure ;
- Filtre et prélever 20ml dans un Bécher de 100ml ;
- Ajouter 5ml d'acide sulfurique concentré ;
- Chauffer jusqu'à une première ébullition ;
- Titrer avec une solution de permanganate de potassium jusqu'à la coloration rose ou mauve ;

- Noter le volume en appliquant la formule $(CaCO_3)_a = (V' - V)5$, en fusant un témoin à blanc avec 20ml d'ammonium dans les mêmes conditions et avec les mêmes produits
 $V' = 18.2ml$

V : le volume d'échantillon

V' : le volume de témoin

Les résultats sont notés dans le tableau 23

Site	Taux du Calcaire actif en %
Garat Taraf	8.5
Oued El Arab	10
Ouazerne	17.5

Tableau 23: Les résultats de dosage du calcaire actif dans les trois sites

Les résultats du tableau 23 révèlent que le taux du calcaire actif varie entre 8.5% à la station de Garat Taraf et 17.5% à la station de Ouazerne avec une valeur de 10% à la station de Oued El Arab.

D'après Maignien, 1969, un sol est dit riche en calcaire actif lorsque le taux de ce dernier dépasse 10% c'est le cas de la station de Ouezerne, et dit moyennement calcaire actif lorsque le taux est inférieur à 10% c'est le cas de la station Garat Taraf.

La présence des taux élevés du calcaire total et la richesse en calcaire actif qui devient dans plusieurs cas nécosant est du à la nature géologiques de différentes stations

III.2.2.2 Détermination de la teneur pondérale en matière organique :

La teneur en matière organique (MO) est le quotient de la masse de matières organiques contenues dans un échantillon de sol par la masse des particules solides.

L'évolution du sol ou pédogenèse est liée directement à la décomposition de la matière organique, celle-ci permet la formation d'humus qui joue un rôle important dans la fertilité de sol.

La détermination de la matière organique, est effectuée par la méthode de Anne : le carbone organique est oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique.

Le calcul du pourcentage de carbone organique se fait par le titrage direct de bichromate de potassium avec la solution de Mohr (sulfate double d'ammonium et de fer).

$$\text{MO (\%)} = 104.5 (V_2 - V_1) / m$$

Où

V_1 : le volume de sulfate double d'ammonium et de fer utilisé.

V_2 : le volume de sulfate double d'ammonium et de fer lu sur la burette après titrage.

m : la masse de terre fin (entre 0.1 et 1g). (Bonneau et Souchier, 1994)

Pour l'interprétation du résultat, on se réfère à l'échelle suivante :

Taux de matière en%	Quantité
<1	Très faible
1 à 2	Faible
2 à 3	Moyenne
3 à 5	forte
>5	Très forte

Tableau 24 : *Echelle de détermination de la teneur pondérale en matière organique (in Ghermaoui 2006)*

Site	Taux de la MO en %	Quantité dans le sol
Garat Taraf	4.64	Quantité forte
Oued El Arab	4.3	Quantité forte
Ouazerne	3.27	Quantité forte

Tableau 25: Résultats de détermination du taux de la matière organique dans le sol dans les trois sites d'étude

Selon les résultats portés dans le tableau 25 le sol des trois stations représente un taux élevé de la matière organiques avec le maximum d 4.64% à la station de Garat El Taref et le minimum à la station de Ouazarne.

Les forts taux de la matière organique dans les différentes stations s'explique par la présence des conditions défavorables pour la décomposition de la matière organique, surtout celle issue du feuillage du Tamarix et son cortège floristique, à cause de la saturation en humidité et salinité dans la station de Garat El Taraf, et l'accumulation des débris végétaux pendant les crues dans les deux autres sites.

III.3. Conclusion :

L'analyse physico-chimique des sols de nos sites étudiés nous permet d'enlever les conclusions suivantes :

- une texture variable ; sablo- limoneuse à argileuse avec dominance d'éléments sablonneux avec le taux le plus élevé puis les argiles en deuxième position.
- Le pH est basique qui tend à être très basique dans le site de Garat El Taraf, il est compris entre 7.87 et 8.55.
- La conductivité électrique est comprise entre 1.6 et 3.62mS./cm, ce qui indique un sol peu salé à Ouazerne et très salé à Garat El Taref.
- Des taux de calcaire total modérés à forts surtout dans le site de Garat El Taref se qui traduit la nature géologique des sites étudiés (voir Chapitre I), il varie de 27.72 à 49.66 % et des taux de calcaire actif assez riche qui s'articule au tour de 8.5% à 17.5%.
- La matière organique est forte, de 3.27% à 4.64%



CHAPITRE IV
BILOGIE ET ECOLOGIE
DU TAMARIX

Introduction

Les *Tamaricacées* est une famille du clade des caryophyllales qui appartient aux eudicots vrais selon la nouvelle classification des angiospermes (APG 2003 ;(angiosperms phylogeny group adopté en 2003)), (Fig. 25 et 26, et dans l'ancienne classification cette famille appartient à l'ordre des Violales (Anderson, 2005).

Les espèces de cette famille sont des plantes ligneuses : arbustes, rarement arbres ou herbes avec des branches minces, la plupart d'eux sont des halophytes et rarement sont des xérophytes. (Ahmed, 1994)

IV.1. Caractères généraux de la famille *Tamaricaceae*

La famille des *Tamaricacées* regroupe 112 espèces endémiques des régions de l'Eurasie et l'Afrique et introduites dans d'autres régions telle que l'Amérique du Nord. Ces espèces sont reparties en quatre genres qui sont : *Reaumuria* : 15 espèces ;

- *Tamarix* : 85 espèces

- *Myricaria* : 10 espèces

- *Hololachna* : 2 espèces, (Wilken, 1993).

Dans l'Afrique du nord Ozenda a cité une vingtaine d'espèces de *Tamarix*.

Les tamaricacées ont, généralement, des feuilles petites alternes, souvent sessiles, rarement subsessiles, éricoïdes, dotées de glandes qui secrètent des sels.

L'inflorescence axillaire solitaire (*Reaumurieae*) ou simple composée de racèmes, en épis ou solitaires (*Tamariceae*).

Les fleurs sont souvent petites, bisexuelles et rarement unisexuelles, actinimorphes, bractéoles, penta ou tétramères. (Caiser, 1976)

Sépales et pétales imbriqués. Etamines 5 ou plusieurs, insérées sur un disque nectarifère, libres ou unies à la base, Fig 27. Gynécée 5-2-carpellé avec autant de stigmates libres, à placentation pariétale ou pariétale-basale. Ovules de 2 à n, anatropes, ascendants. Le fruit est une capsule loculicide. Graine barbue entièrement ou seulement au sommet, rarement ailée, albuminée ou non, à embryon droit. (Crins, 1989)

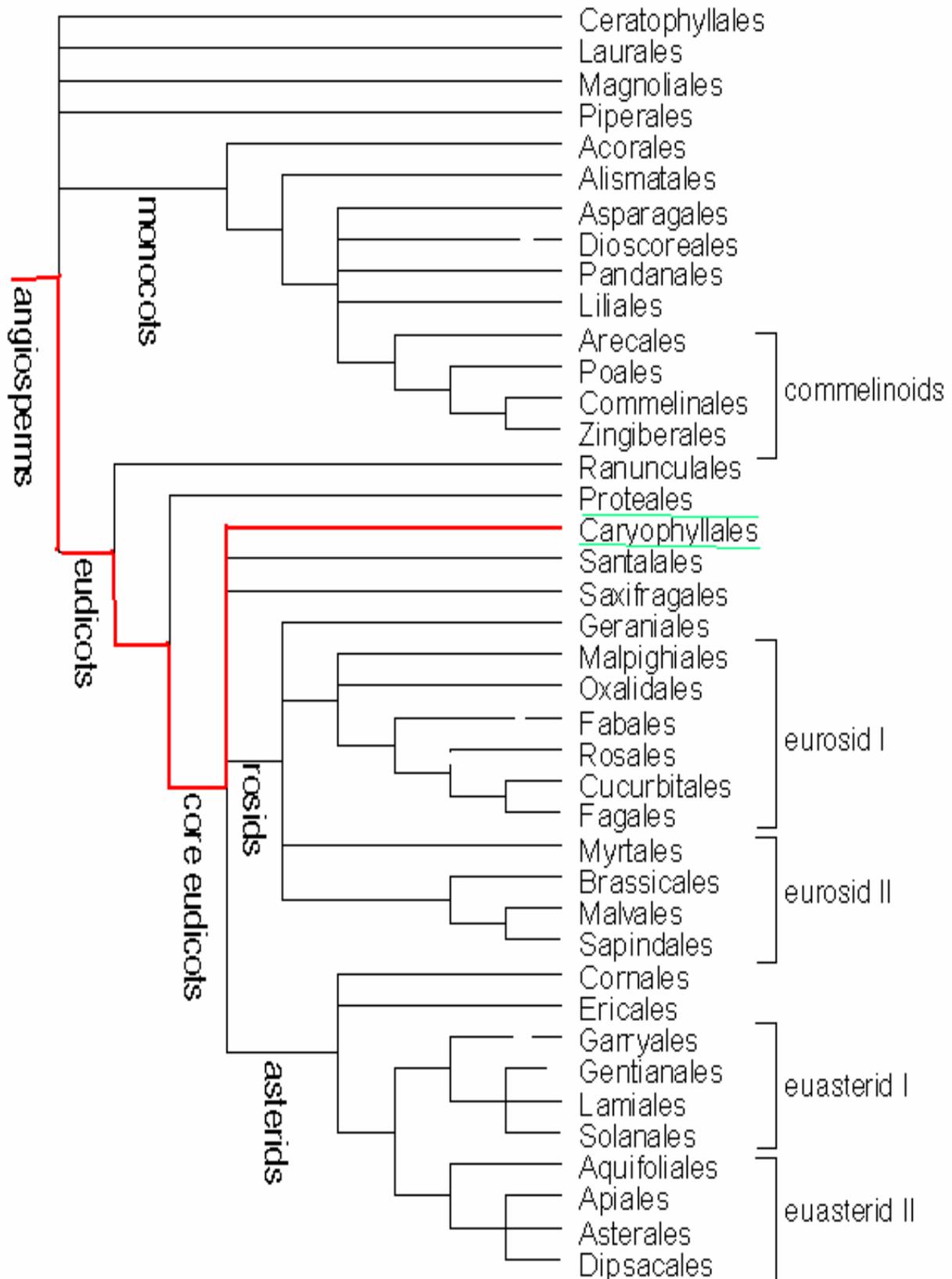


Figure 25: Position du clade des Caryophyllales dans les Angéospermes selon la classification angiosperms phylogeny group 2003(APG 2003)

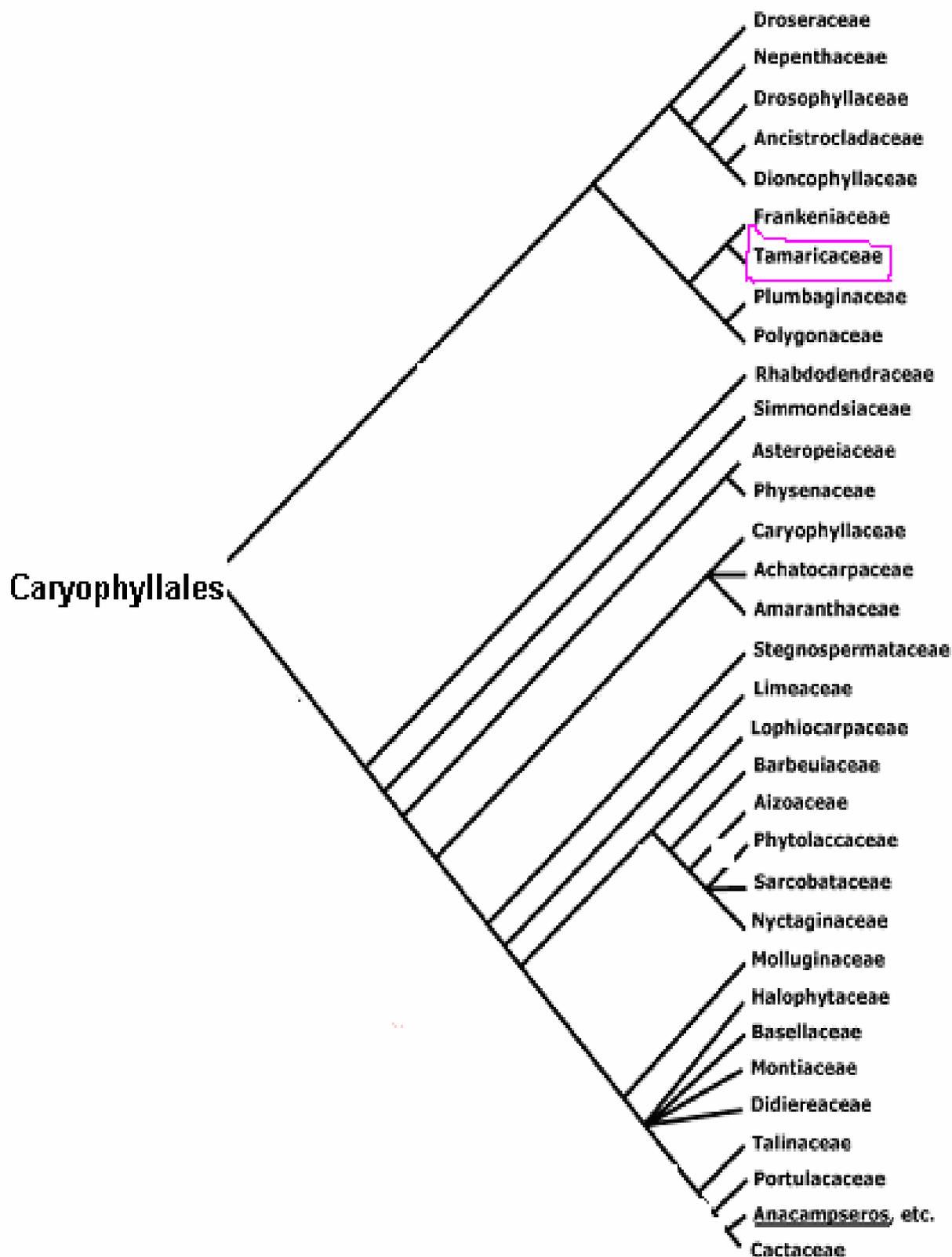


Figure 26: Position de la famille *Tamaricacée* dans le clade des Caryophyllales selon la classification angiosperms phylogeny group 2003 (APG 2003)

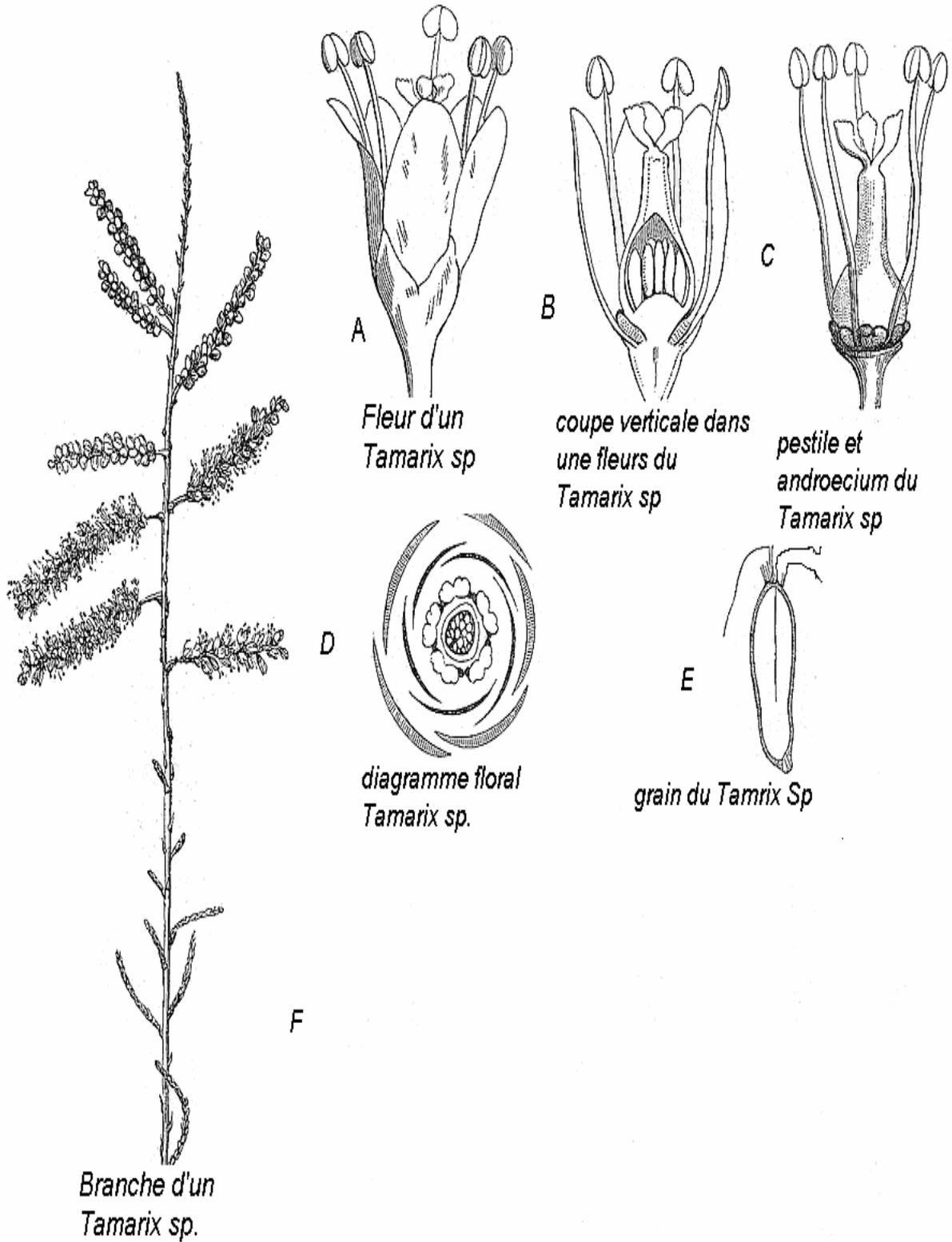


Figure 27: Les principaux caractères botaniques de la famille des *Tamaricacées*

IV.2. Description du genre *Tamarix*

IV.2.1. Historique

Le Tamarix est connue depuis longtemps il est cité dans le Coran sacré sous le nom d'Athal. (Surat Saba, verset 31)

Le nom *Tamarix* a été dérivé du nom d'une rivière en Espagne appelée Tamaris, à la frontière des Pyrénées, où les espèces de *Tamarix* colonisent ses proximités.

Le terme *Tamarix* est adopté la première fois par Linné en 1753-1754, où il a cité seulement deux espèces dans son « herbier », (Baum, 1967).

IV.2.2. Les synonymes de *Tamarix* :

- nom scientifique : *Tamarix*
- nom Français : Tamaris, Tamarin
- nom Anglais : Salt Cedar, Tamarisk
- nom Arabe : Athal, Tarfa
- nom Amazigh : Amammythe

IV.2.3. Taxonomie du genre *Tamarix*

IV.2.3.1. Selon la classification phylogénétique « angiosperms phylogeny group 2003 » (l'APG 2003):

La classification phylogénétique (APG 2003), est une classification botanique des angiospermes établie selon les travaux de l'Angiosperms Phylogeny Group. Elle se base sur l'affinité génétique entre les espèces, est devenue la classification botanique la plus importante aujourd'hui, (Silvie, 2004)

Clade :

Angiospermes

Clade :

Dicotylédones vraies

Clade :

Noyaux des Dicotylédones vraies

Ordre :

Caryophyllales

Famille :

Tamaricaceae

Genre :

Tamarix

Figure28 : La taxonomie du genre *Tamarix* selon la angiosperms phylogény group 2003 (l'APG 2003)

IV.2.3.2 Selon la classification classique

Plusieurs classifications classiques qui existent et qui s'oppose à la classification moderne de l'APG. Comme nous citon : la classification classique de Cronquist, 1981, la [classification des angiospermes](#), créée par [Robert Folger Thorne](#) en 1992 adoptée en 2000 ; puis 2002 et la classification d'Armen Takhtajan en 1954 rectifiée en 1997.

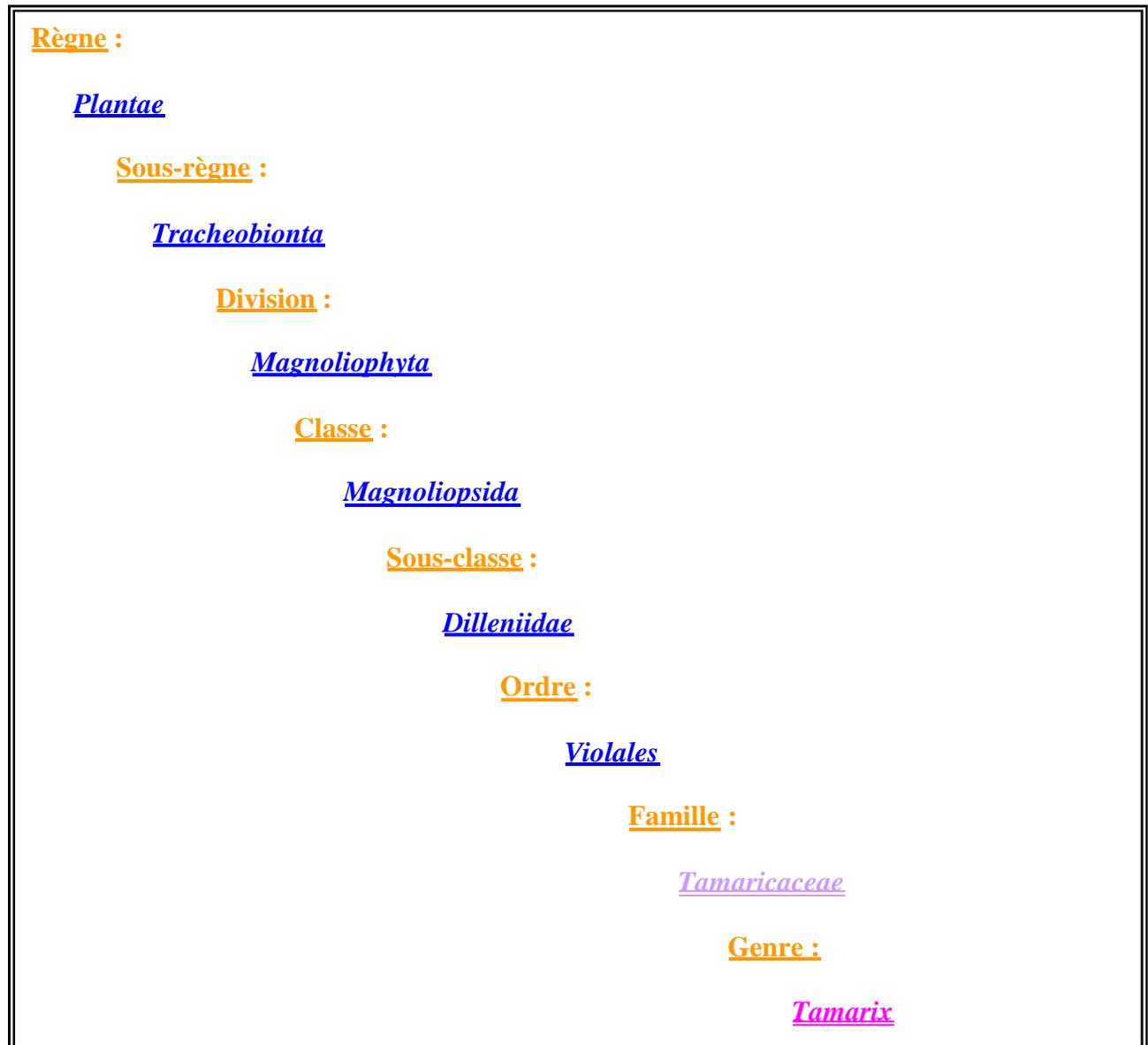
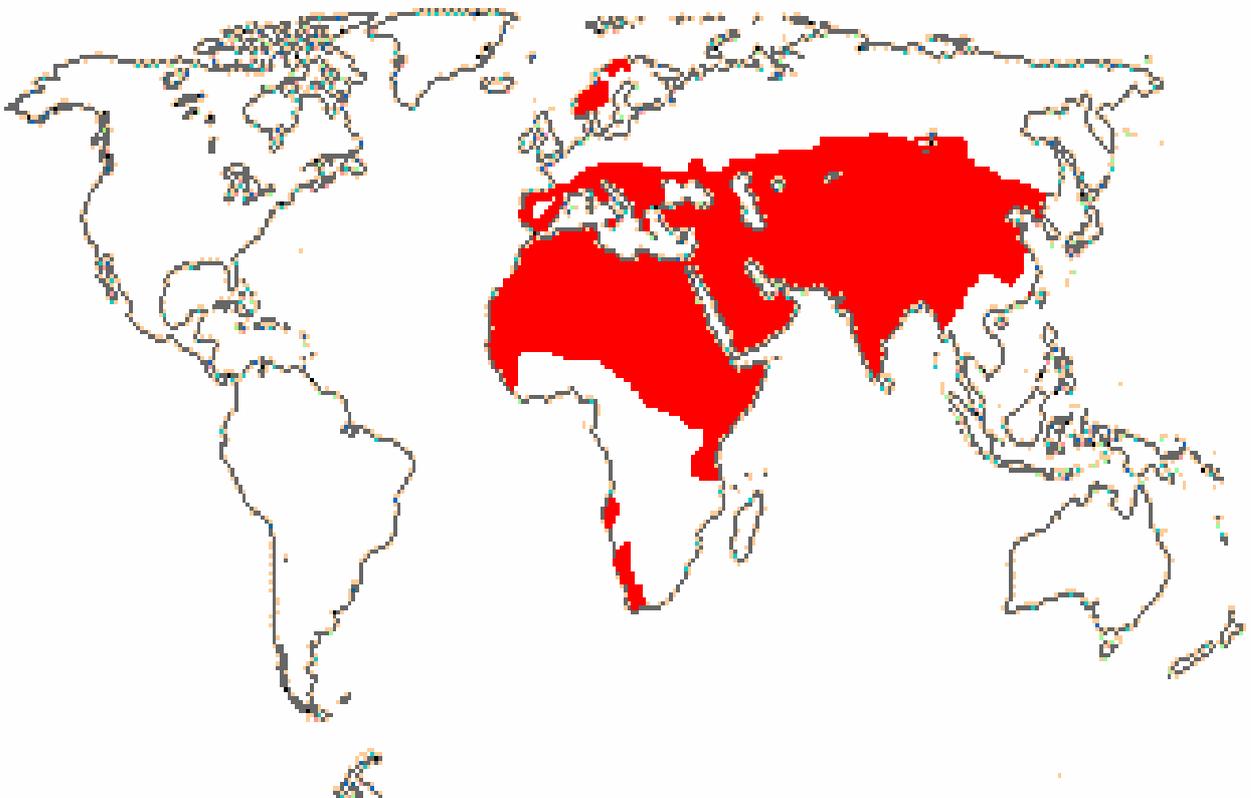


Figure 29: La classification classique du genre *Tamarix* (classification de Cronquist, 1981)

IV .2.4. Aire de répartition du genre *Tamarix*

Le genre *Tamarix* est représenté par des espèces phreatophytes facultatives et généralement halophytes. Originaire des régions d'Europe, de la Méditerranée, de l'Afrique du Nord, du Sahara et de l'Asie (Carte 07). Les espèces du *Tamarix* sont considérées comme espèces envahissantes en Amérique du Nord et l'Australie (Nelroy E. Jackson, 1996).



Carte 07 : L'aire d'origine de répartition du genre *Tamarix* selon (Nelroy E. Jackson, 1996).

IV.3 Les caractères botaniques et la biologie du genre *Tamarix*

IV.3. 1. Les caractères botaniques :

IV.3. 1. 1. La forme générale :

Arbres ou arbustes de 2-10m d'hauteur, quelques fois 12m, avec un système racinaire puissant, une ramification dense. Il a deux formes de croissance : l'une normale et lui donne un aspect d'un arbre ordinaire avec une tige principale quand il existe dans des milieux normaux (Photo 04A) ; la seconde se caractérise par une ramification abondante quand les pieds se trouve dans milieu stressant ou dans le cas d'accumulation des sédiments alluviaux (Photo 04B), (McDaniel, 2007).

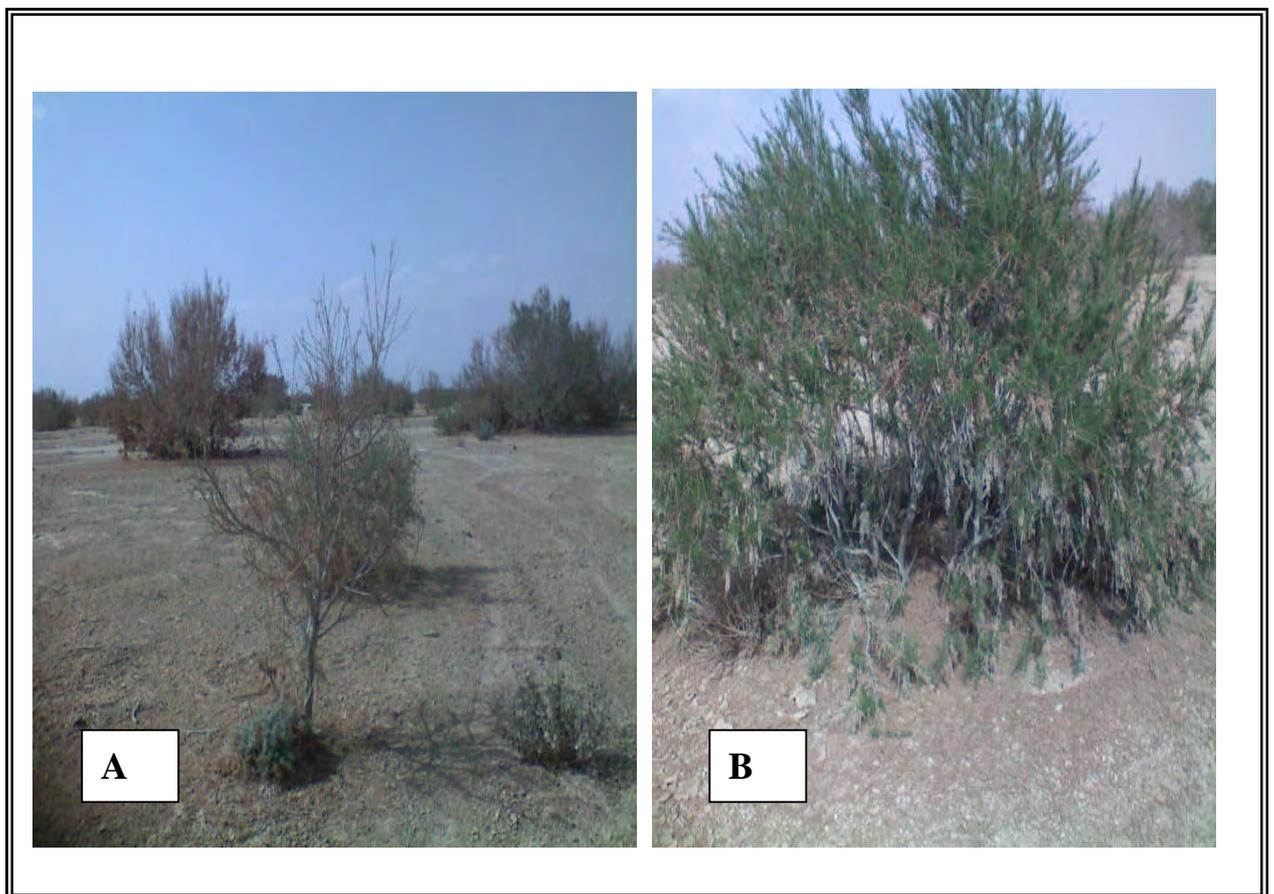


Photo 04 : Les deux formes de croissance chez le *Tamarix* sp. ;A : forme normale, B :forme ramifiante (site d'Ouazerne)

IV.3. 1. 2. Les rameaux :

Ils sont généralement nombreux minces, glabres, ou écorces de différentes couleurs : souvent marron ou marron noirâtre, (Photo 05).



Photo 05 : Les rameaux de *Tamarix sp.* (Site de Gaet El Taref)

IV.3. 1. 3. Les feuilles

Sont petites de 0.5 à 0.7mm de long, écailleuses, souvent imbriquées, alternées, donnant aux rameaux l'apparence de ceux de certains Genévriers, sessiles, glabres. Elles sont souvent ponctuées de minuscules trous correspondant à des entonnoirs au fond desquels se trouvent placés les stomates et par où exsude un mucus contenant du sel et du calcaire. Elles sont caduques chez certaines espèces et persistantes chez d'autres. (Wilkinson, R.E. 1966)

Selon les espèces on distingue les formes suivantes :

- 1- Feuilles formant un fourreau complet autour des rameaux, de sorte que ceux-ci paraissent articulés et dépourvus de feuilles (exemple : *Tamarix aphylla* (Ozenda, 1991).

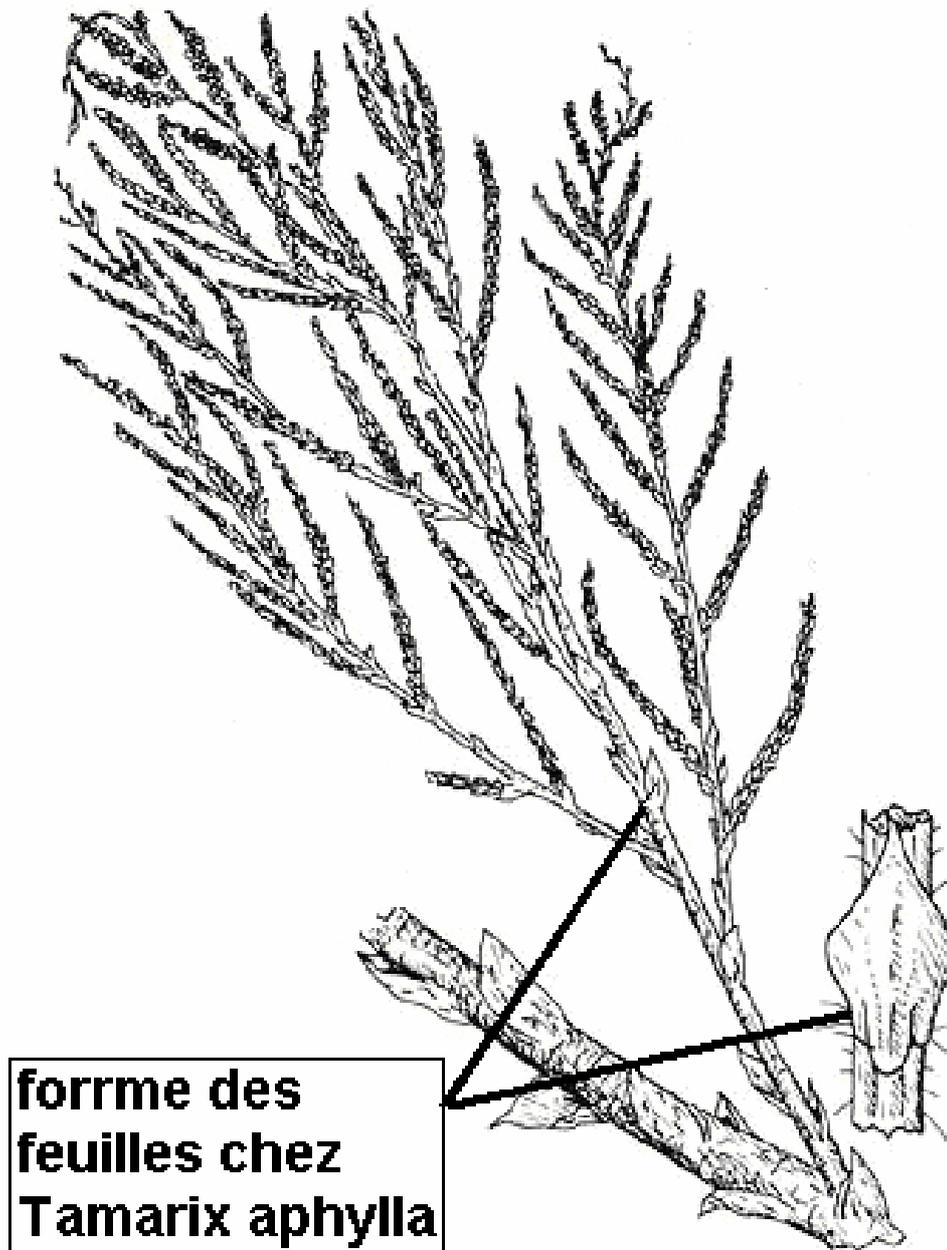


Figure 30: Forme de feuilles formant un fourreau autour de rameau chez *Tamarix aphylla* (source Jessop J.P. et Toelken H.R. (Ed.) 1986. Flora of South Australia)

2- feuilles étroites ou larges, embrassant le rameau, mais ne l'entourant pas complètement :

2.1- Feuilles larges très embrassantes, imbriqués, très serrées sur les jeunes rameaux, et portant des ponctuations bien visibles :

A) feuilles plus larges que longues, exemple : *Tamarix pauciovulata*, (Photo 06);



Photo 06 : Exemple des feuilles plus larges que longues chez *Tamarix pauciovulata*
(source la flore électronique du Sahara)

B) Feuilles un peu plus longues que larges, à pointe aigue recourbée en dehors exemple :
Tamarix balansae;

2.2 Feuilles allongées non ou peu embrassantes, moins imbriquées à ponctuation peu visible, exemple : *Tamarix gallica*



Photo 07 : Exemple de feuilles un peu longues que larges chez *Tamarix gallica* (site de Oued El Arab)

IV.3. 1. 4. Les glandes sécrétrices des sels

Toutes les espèces du genre *Tamarix* possèdent des glandes sécrétrices des sels qui se trouvent sur la face inférieure de la feuille, chaque glande est composée de huit cellules (Fig. 31) :

A)- deux (02) cellules intérieures appelées cellules collectrices, qui possèdent des vacuoles, le rôle de ces deux cellules est la collecte l'excès des sels qui l'acheminent vers les cellules sécrétrices ;

B)- six (06) cellules externes appelées cellules sécrétrices, ces cellules ont un cytoplasme volumineux par rapport aux cellules de collecte.

Les parois des cellules sécrétrices de chaque glande sont complètement enfermées par une couche de cuticule à l'exception de la zone de contact entre ces cellules et les deux cellules de collecte des sels. Cette zone sans cuticule de la paroi cellulaire est appelée « aire de transfusion » dans cette aire de nombreux plasmodesmes relient les cellules sécrétrices intérieures aux cellules de rassemblement.

Les plasmodesmes relient également les cellules de collecte aux cellules mésophylliennes adjacentes (Waisel, 1972).

Les cellules sécréteuses contiennent de nombreuses mitochondries, ce qui montre une grande activité au niveau de ces cellules. (Fahn, 1988).

Campbell en 1975 a démontré que le flux du (Na Cl) passe par l'apoplast du xylème en arrivant aux glandes, qui sont séparées par la cuticule, presque totalement, de tissu mésophyllen.

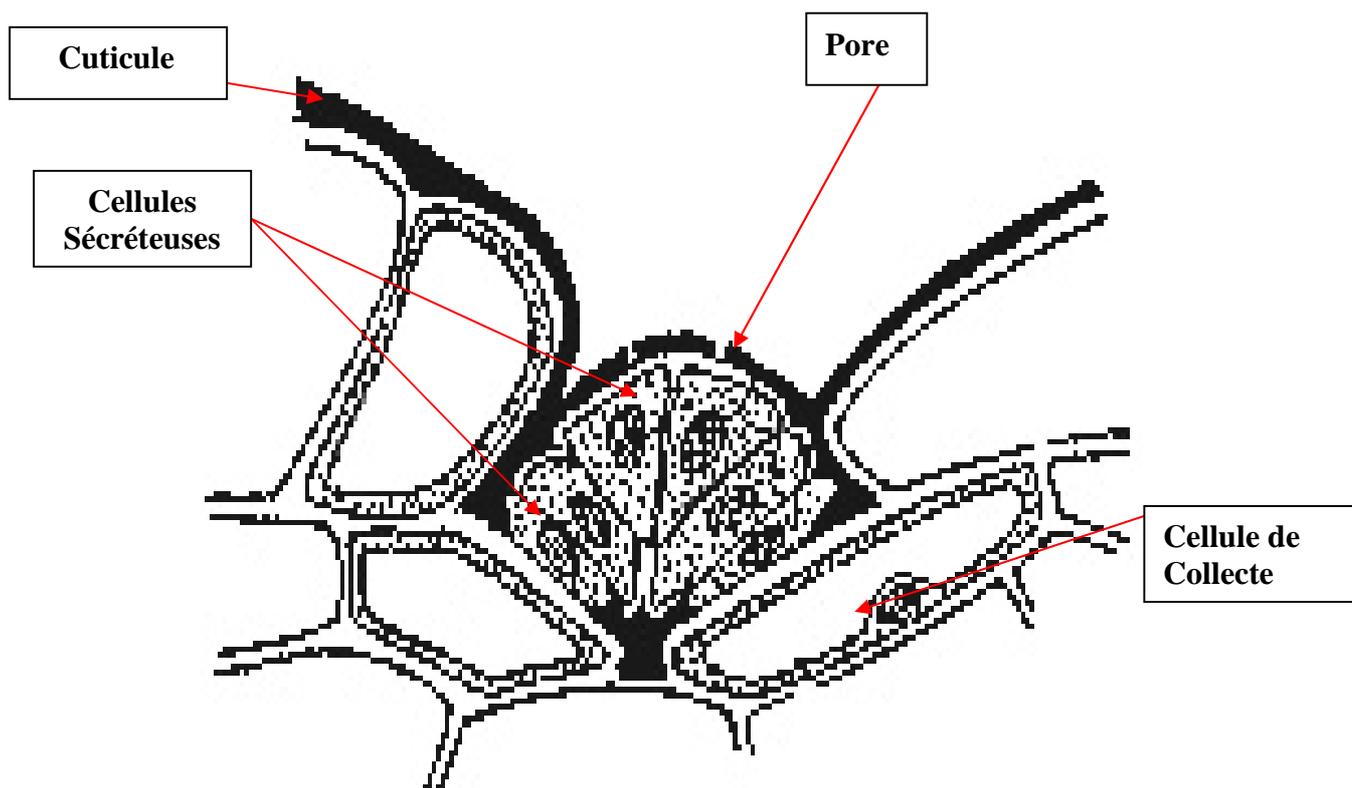


Figure 31 : La structure d'une glande sécrétante des sels chez le *Tamarix sp.* (source Curtis E. Swift, Saltcedar (*Tamarix*) Physiology - a Primer Colorado State University Cooperative Extension)

IV.3. 1. 5. L'inflorescence

L'inflorescence est simple ou composée de racèmes ou bien de chatons de 1 à 15cm de longueur, sur les nouvelles pousses de l'année ou sur les pousses anciennes (Photo 08), (Allred, 2002).

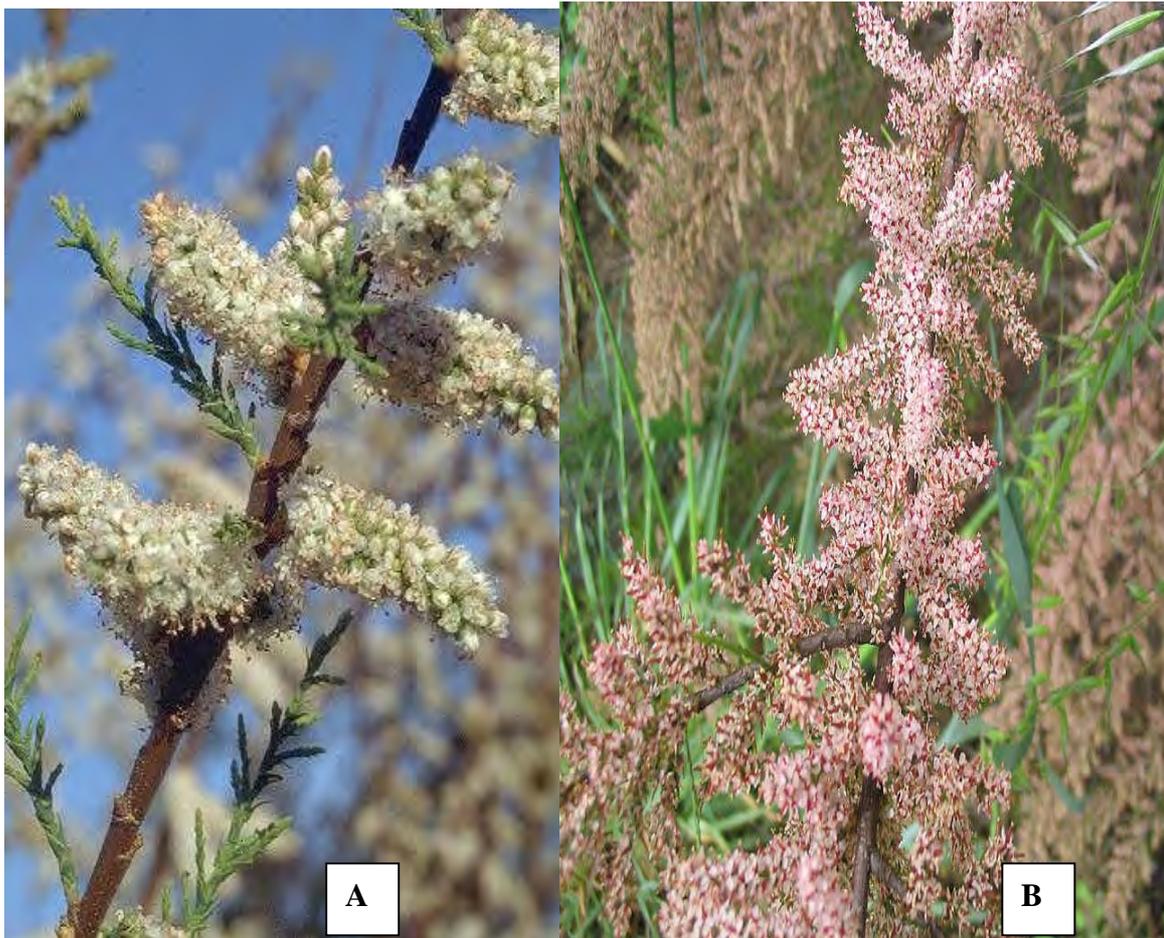


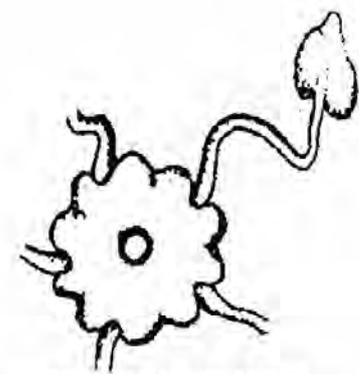
Photo 08 : L'inflorescence chez : (A) *Tamarix africana*, (B) *Tamarix gallica*

IV.3. 1. 6. Les fleurs

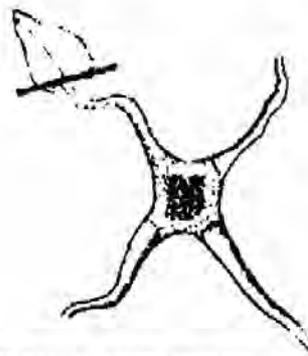
Les fleurs sont petites généralement moins de 2mm de diamètre, penta ou tétramères, souvent bisexuelles, rarement unisexuelles (photo 09). Les fleurs sont régulières à sépales très petits et pétales scarieux roses, rarement blancs. Les étamines, en nombre égal à ce lui des pétales ou en nombre double, sont insérées sur les bords d'un épaissement de l'axe de la fleurs appelé disque floral dont la forme est utilisée dans la détermination et la classification des espèces du tamarix, (Fig 32).



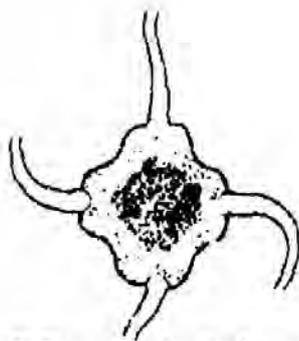
Photo 09: Les fleurs d'un *Tamarix sp.*(site de Garat El Taref)



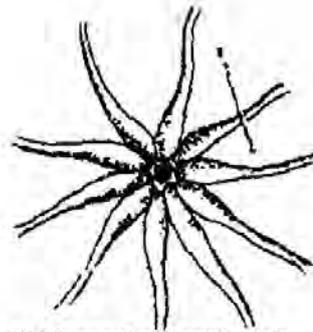
A) disque floral mesodescenté



B) Disque floral epilophique



C) Disque floral epilophique confluent



D) Disque floral epidisciné

Figure 32 : Les différents types du disque floral chez le genre *Tamarix*

Généralement il y a trois carpelles soudées en un ovaire pyramidal ; celui-ci donne à maturité une capsule qui s'ouvre par trois fentes (rarement 2 ou 4) alternant avec les placentas, (Photo 09), (DiTomaso. 1996).

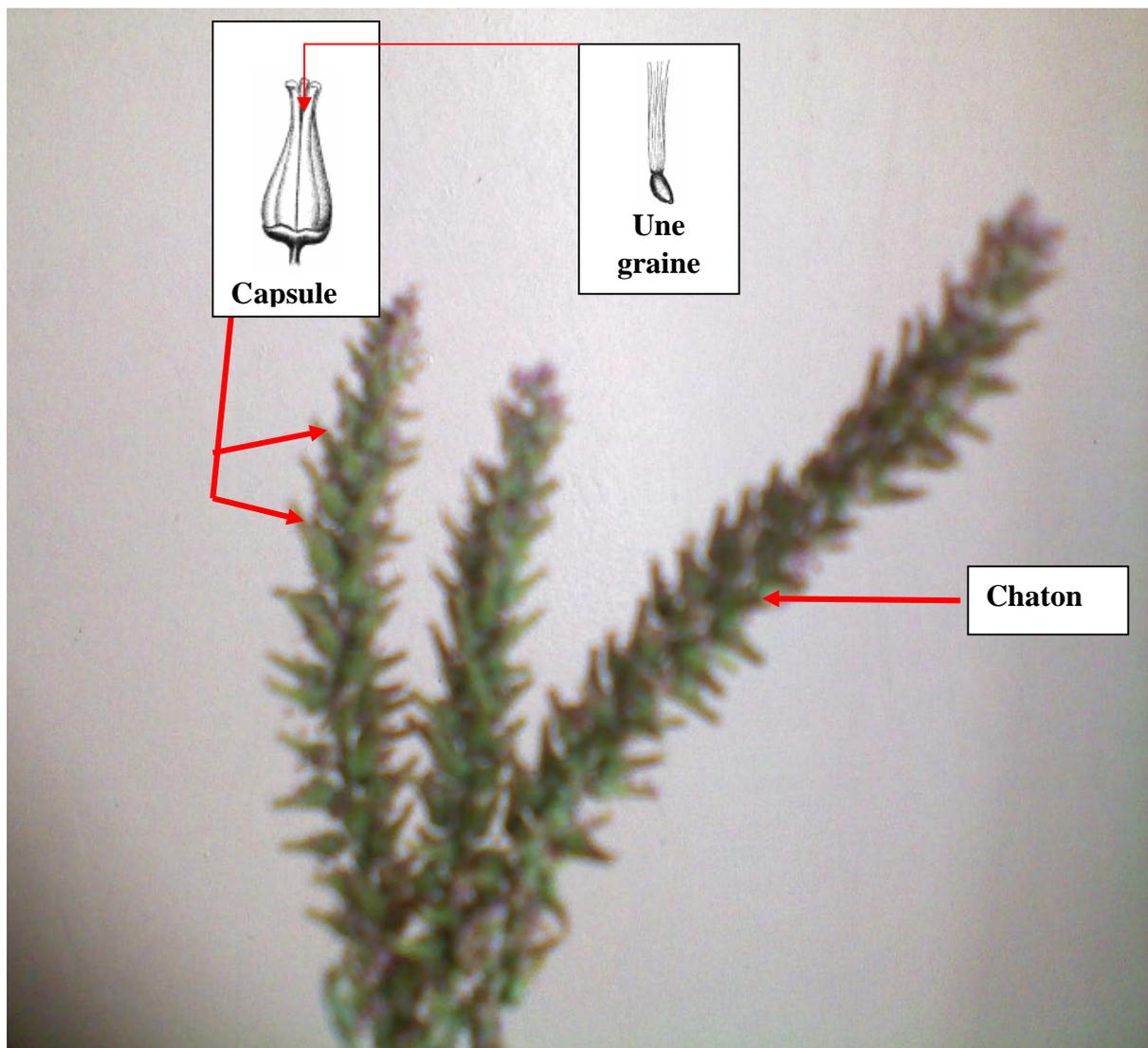


Photo 10 : Capsules qui contiennent des graines avant maturation chez *Tamarix africana* (site de Ouazerne)

Les capsules se développent de la base vers l’apex du racème ou du chaton ; la période de la floraison débute a partir du mi Avril pour se givrer en début de Novembre avec un maximum de floraison en fin du printemps et le début d’Eté (Photo 10). Il a été remarqué que la période de la fleuraison dépend de l’âge des branches et que les branches du même individu fleurissent différemment (Kerpez, and Smith 1987).

Un individu jeune d’une année peut fleurir et donner des graines viables; qui peuvent être aptes à germer si les conditions sont favorables. .

Une fleur (ovaire) contient 20 ovules ou plus, dont chacun est capable de donner une graine. Une branche fleurissante de 7.62cm de long contient souvent une moyenne de 50 à 60 fleurs. (Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

IV.3. 1. 7. Les graines

Le *Tamarix* peut donner des graines dès sa première année mais, généralement, il donne des graine à partir de la troisième année.

Les graines sont petites avec une touffe des cheveux blonds (Fig. 33) sur l'extrémité pour faciliter leur dispersion par le vent ou de flotter sur l'eau où elles sont déposées (Brotherson et champ 1987). Leur forme est variable d'une espèce à une autre (fig 33). La graine de *Tamarix* est quelque peu cylindrique et très petite (0.17millimètre sur 0.45millimètre, pèse 1Ug), (Baker, 1972)

Les graines de *Tamarix* sont caractérisées par l'absence de la dormance, mais avec une durée de vie très courte : par exemple les graines produites en été ne vivent que 45 jours (7 semaines) dans les conditions idéales du milieu, mais si les conditions sont défavorables (plaine soleil, sécheresse.), cette durée de vie ne dépasse pas les 24 jours. Par contre les graines produites en début d'hiver peuvent vivre 130jours (19 semaines) dans les conditions idéales du milieu.

Un plant mûr de *Tamarix* peut produire 500.000 à 600 000 graines à chaque saison de fleuraison (Wilgus and Hamilton, 1962).

Mais ce grand nombre de graines n'arrive pas à germer a cause de leur durée de vie très courte et qui généralement se coïncide avec les conditions du milieu non favorables pour la germination.

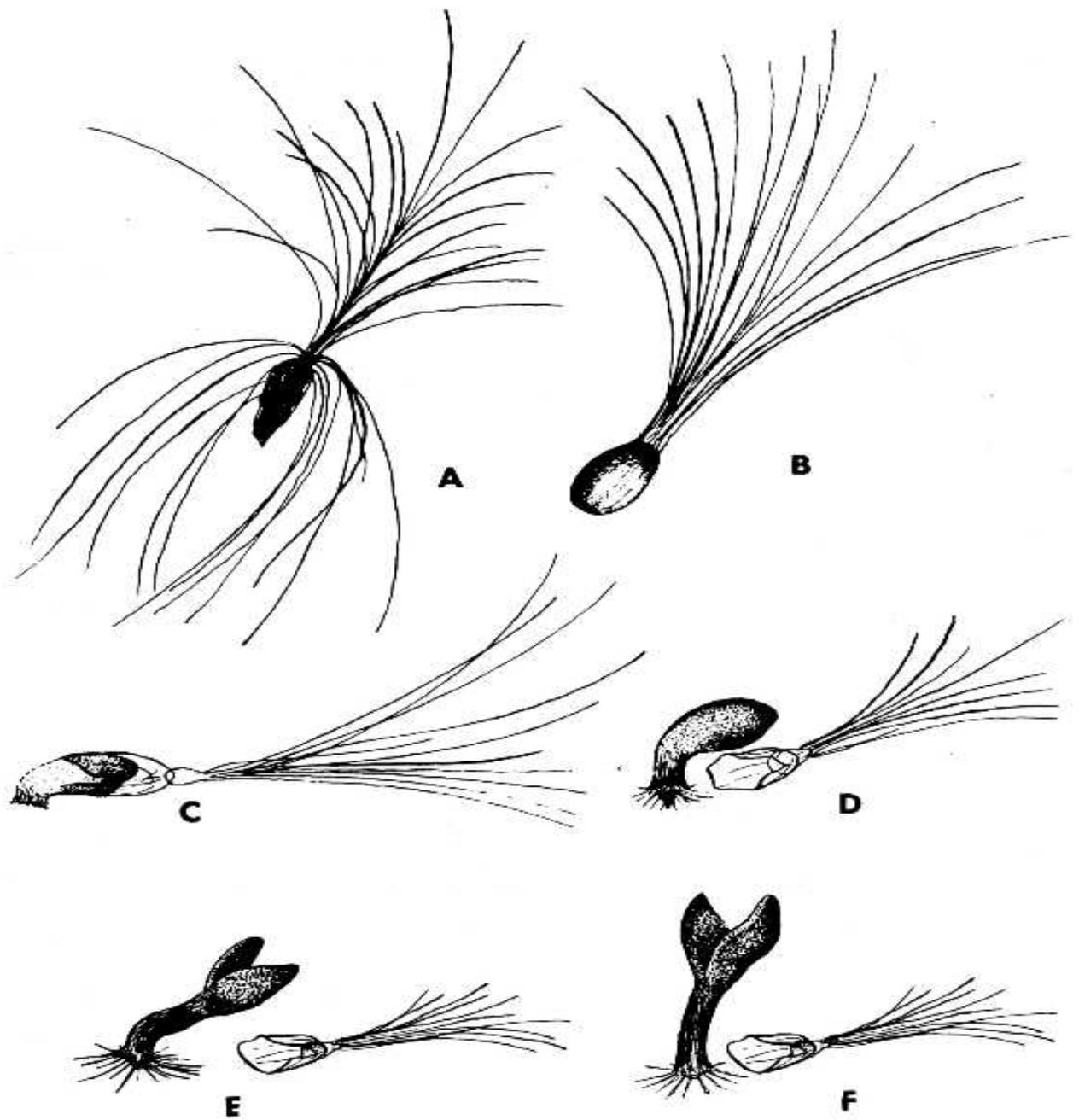


Figure 33 : Les différentes formes des graines chez quelques espèces de genre *Tamarix*

IV.3. 1. 8. Le système racinaire

Le *Tamarix* est doté d'un système racinaire puissant et adapté pour l'acquisition l'eau de la nappe ou les eaux superficielles même dans les sols manquant d'humidité où il a été rapporté que la racine principale peut atteindre une profondeur de 53m. (Waisel and Kafkafi, 1996).

Pour déterminer les variations de profondeur des racines, de leur développement latéral et le degré de leur ramification : Tomanek et Ziegler (1960) ont réalisé des excavations pour 35 plantes de *Tamarix*, d'âge variables: de quelques jours à quatre ans où Ils ont constaté les cas suivants:

- Des racines principales qui se prolongent en profondeur jusqu'à ce qu'ils arrivent au-dessus d'une source constante de l'eau où ces racines se ramifiaient pour qu'elles puissent absorber plus de l'eau par capillarité (Photo 11).
- Des racines qui n'avancent pas en profondeur formant un système racinaire adventif dans le cas où la source de l'eau est plus proche de la surface (Fig. 34).
- dans le troisième cas où il existe deux sources d'eau dans le sol ; l'une superficielle (en saison des pluies) et la seconde plus profonde (en cas de sécheresses prolongées) le *Tamarix* développe un système racinaire qui lui permet l'acquisition de l'eau dans les deux situations en formant des ramifications superficielles pour se bénéficier de l'eau de surface pendant la saison humide et en même une racine qui se prolonge en profondeur pour assurer l'acquisition de l'eau de profondeur pendant la saison sèche (Fig. 35).

Ces résultats ont permis à ces deux chercheurs de constater que le facteur déterminant dans la formation et le développement de la racine et de sa ramification peut probablement être l'endroit et la profondeur de la nappe de l'eau.

Selon Tomanek et Ziegler (1960) c'est les conditions environnementales qui laissent le *Tamarix* développer un système racine répandu et profond.

Ils ont trouvé des racines latérales écartées de 9.14m par rapport à l'axe de la plante et la plupart des racines étaient de 3.04cm à 4.06cm au dessous de la surface du sol.

Sur une autre plante excavée la racine pivotante s'est prolongée à 4.87m de profondeur et de 0.47cm de diamètre. Bien qu'ils n'aient pas déterminé la profondeur totale des racines, mais ils l'ont estimée être de 7.62m ou plus.

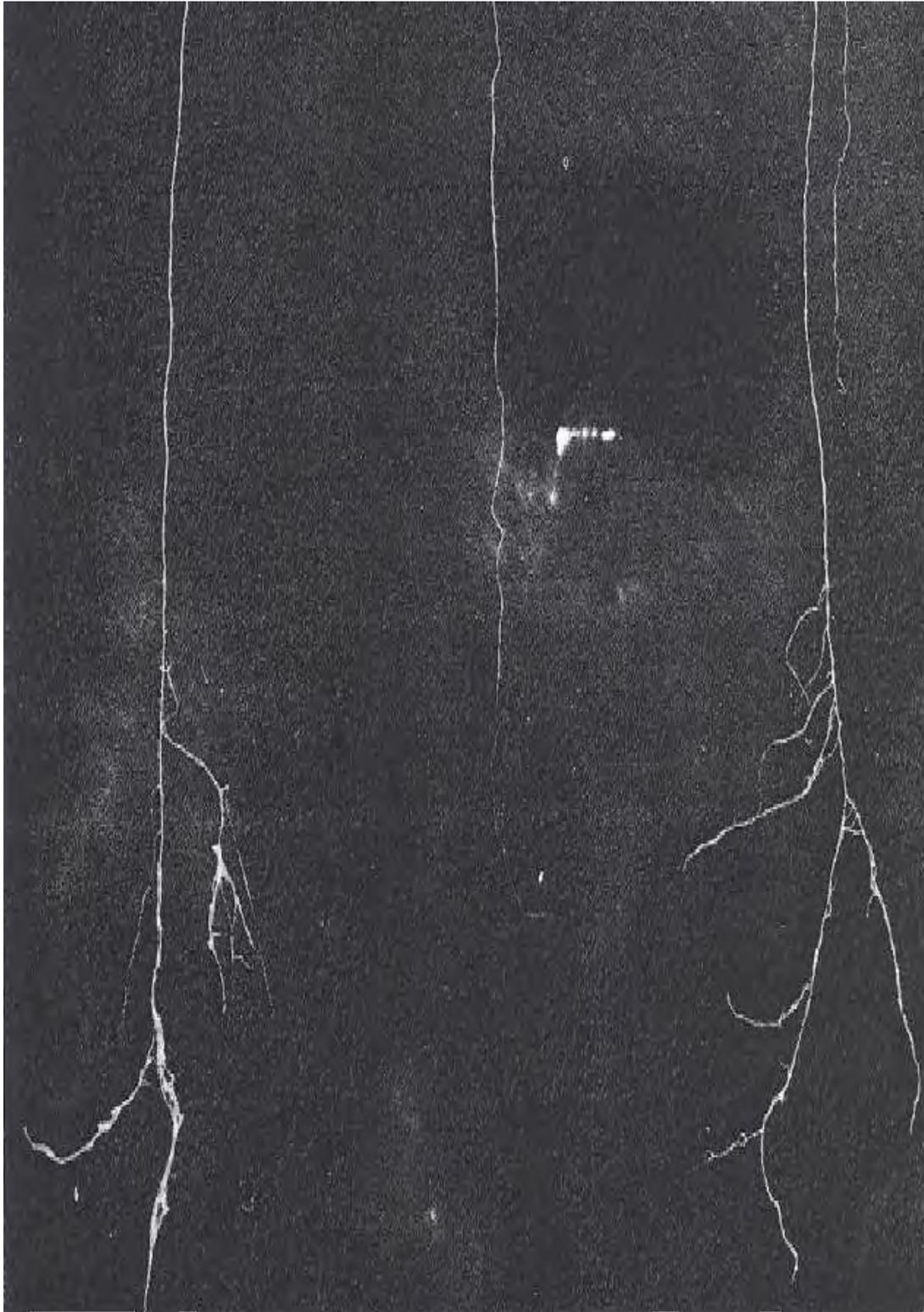


Photo 11: Le système racinaire pivotant chez les jeunes pousses de *Tamarix sp.* (Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

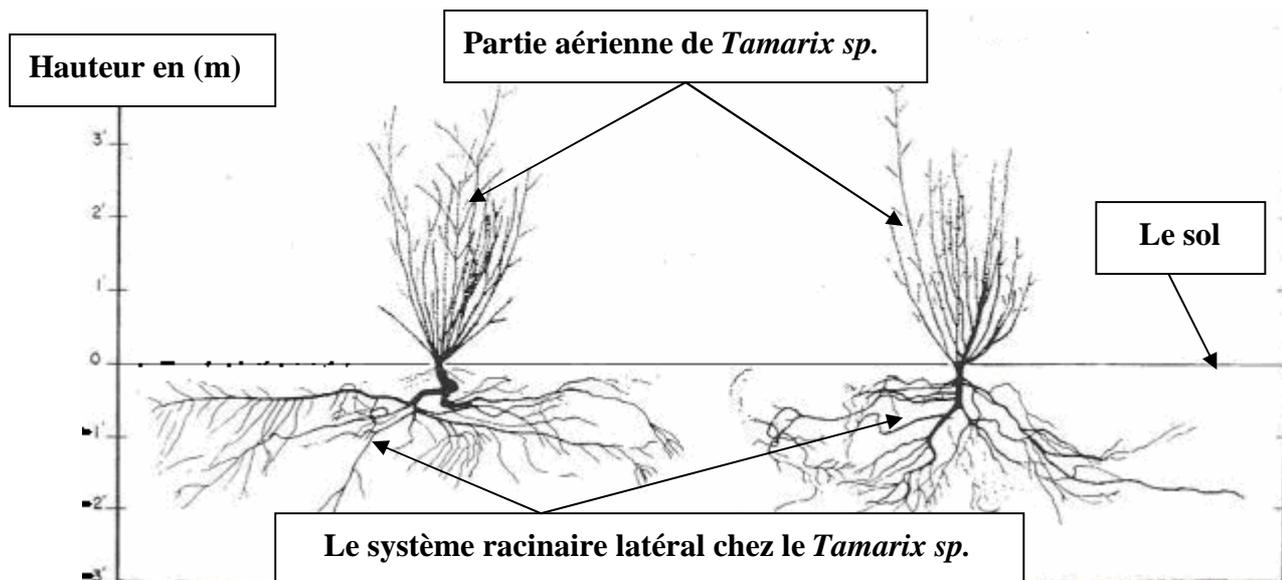


Figure 34 : Le système racinaire latéral chez des individus âgés de 4 ans de *Tamarix sp.* (Source Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

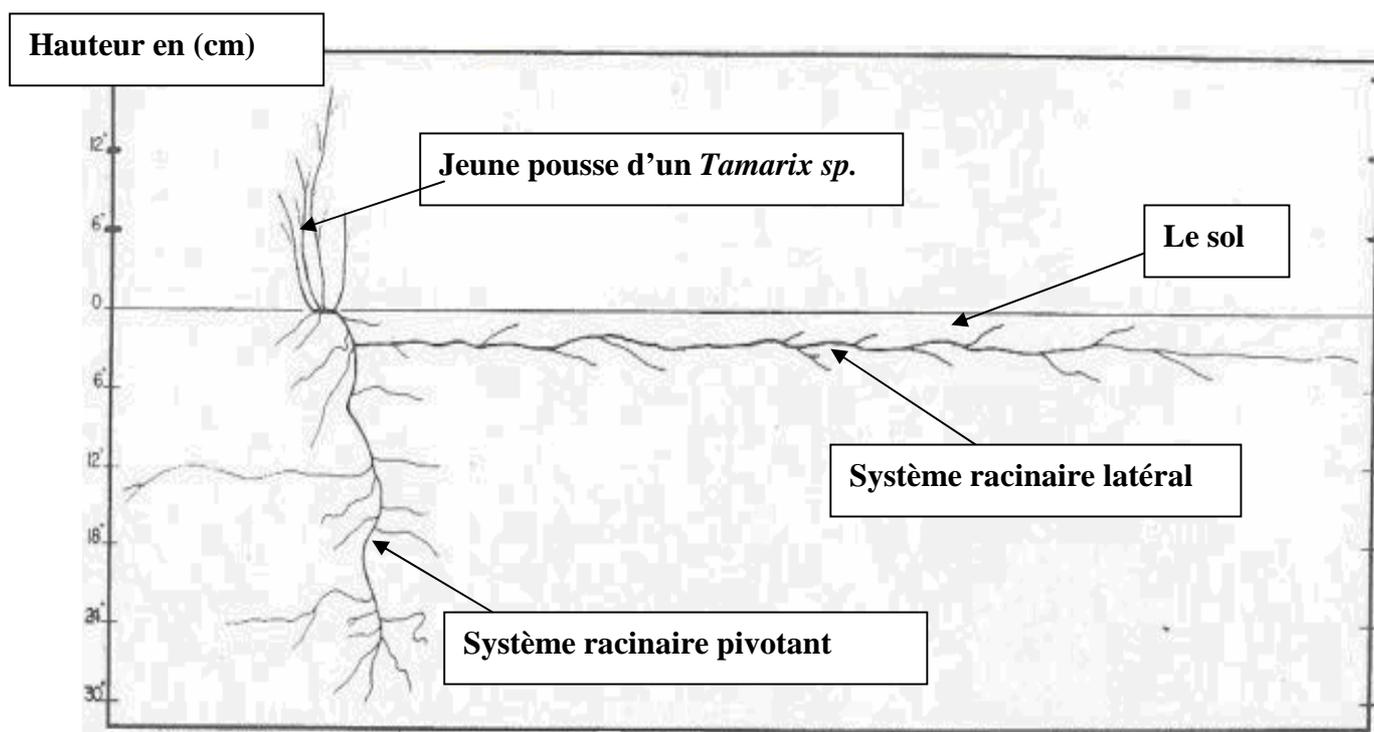


Figure 35 : Le double système racinaire latéral et pivotant chez les jeunes pousses de *Tamarix sp.* (Source Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

IV.3. 1. 8.1. La couronne du système racinaire

Le système racinaire de *Tamarix* est doté d'une partie importante qui se situe entre la surface la surface du sol et 30cm à 46cm au-dessous du sol cette zone est appelée la couronne racinaire. Cette couronne joue un rôle essentiel dans la repousse des individus abattus soit par les incendies ou par tous autres facteurs défavorables, en effet au niveau de cette zone se trouvent plusieurs bourgeons dormants qui permettent la régénération des individus touchés.



Photo 12 : La couronne racinaire chez le *Tamarix sp.* (Source McDaniel 2007)

IV.3. 2. Les caractères biologiques

IV.3. 2. 1. La multiplication

La multiplication du *Tamarix* se fait par les deux voies : par graines ou par voie végétative.

IV.3. 2. 1.1. Multiplication par les graines



Photo 13 : La multiplication par graines chez le genre *Tamarix* (site d'Ouazerne)

Les graines de *Tamarix* se caractérisent par leur faculté de germination juste après leur retombe sur le sol si les conditions du milieu sont favorables.

En effet elles n'entrent pas en dormance ou vie latente, mais la durée de leur viabilité, (durée de vie), est très limitée qu'est de 5 semaines environ, et quelques semaines en submersion dans l'eau, (Photo 13).

Une étude réalisée par Tomanek et Ziegler en 1960 qui visait à estimer la quantité des jeunes graines qui survivent après chaque saison de fleuraison, cette quantité est estimée de moins de 10% de la quantité des graines produite.

Pour récompenser la courte durée de la vie (entre 7 et 19 semaines dans les conditions idéales) de ces graines le *Tamarix* développe une stratégie qui consiste à produire des graines en abondance. Une étude réalisée par (Young et al ,2004), a montré qu'ils ont trouvé que l'abondance des graines à la source (juste au près de l'arbre) est de 4600 graines par m², environ 2400 graines par m² à 0.1km, et 51 graines par m² à 8Km de pied de l'arbre.

IV.3. 2. 1.2. Multiplication par voie végétative

La multiplication végétative se fait par la croissance secondaire de la tige ou par le rejet des racines et des tiges (Le marcottage) (Wilhelm N, 1998). Les pousses basiques qui deviennent presque prosterner naturellement ou accidentellement (exemple d'accumulation d'épandages des crues) sont capables de produire les racines adventices à partir de n'importe quelle partie de la tige qui sera en contact avec le sol humide.

Les pousses ancrées envoient des branches donnant vers le haut un aspect multi-refoulé dense et produisent les nouvelles plantes qui semblent superficiellement indépendantes. Seulement par l'examen des pièces souterraines qu'il évident qu'elles sont des plantes partagées. Les rejets à la base sont l'un des mécanismes primaires qui empêche la croissance supérieure (en hauteur) de *Tamarix* à cause de l'absence de la dominance de bourgeons apicaux (Taylor, McDaniel et Kirk, 1998).

En pépinière en procède à la reproduction végétative par boutures (Photo 14), en effets cette méthode nous permet de guagner le temps et d'avoir des individus de taille assez importante en grande quantité.



Photo 14 : Multiplication de *Tamarix sp.* par bouture

IV.3. 2. 2. Rythme de croissance

Il est prouvé que la germination des graines de *Tamarix* peut se dérouler après 24 heures si les conditions suivantes sont réunies :

- la saturation du sol en humidité pendant les 2 ou les 4 semaines de la vie de la graine ;
- un sol poreux et bien aéré (sableux)
- absence d'autres espèces compétitives dans le milieu (DiTomaso, 1996).
-

Dans les premiers stades de croissance, les racines se développent avec un rythme très long durant les 4 premières semaines et ne survivent qu'un seul jour si le sol est séché.

Les résultats obtenus par Young en 2004 ont montré que la profondeur idéale pour la germination des graines du *Tamarix* est de 2.58cm (Young, 2004).

Une expérience réalisée par DiTomaso en 1998, sous serre dans des pots contenant du sol limoneux a montré que la croissance des racines primaires est de 1mm par jour soit 21mm en moyenne après 3 semaines.

Les racines secondaires commencent à se développer à partir de la troisième semaine après la germination, qui parfois est retardée jusqu'à la cinquième ou sixième semaine, (McDaniel, 2007).

Après le premier mois, les racines primaires lancent la croissance latérale si les plants sont maintenus dans l'humidité presque saturée de sol. Après la sixième semaine de l'étude, les racines primaires atteintes environ 35mm et une moyenne de 6 à 7 racines secondaires sur la plupart des plants. Entre la 10^{ème} à 11^{ème} semaine les racines atteignaient les fonds des pots (76.2cm) ; dans la plupart des cas les racines étaient légèrement embranchées entre les 40cm et 61cm supérieurs. En dessous de 61cm les racines ont été intensivement embranchées, (Mc Daniel, 2007).

A la 8^{ème} semaine la partie aérienne croît de 11,7cm, et la tige continue à croître d'une moyenne de 2 à 5 mm/jour durant le premier mois de germination
Avec une production de biomasse de l'ordre de 0.25 mg/jour.

Dans une autre étude réalisée par Horton en 1960, où il a démontré qu'une plante qui fait 38cm d'hauteur développe une racine primaire de 76cm et des racines latérales sur une distance de 244cm.

IV.3. 2. 3. Longévité du genre *Tamarix*

La longévité des espèces de genre *Tamarix* n'a pas fait l'objet d'une étude jusqu'à ce jour, mais ils représentent des signes de longue vie : au New Mexico (USA) on trouve des individus qui ont entre 75 et 100 ans sans présence de signes de détérioration dus à l'âge, (Horton, 1977).

IV.4. L'écologie du genre *Tamarix*

IV.4. 1. L'habitat

On trouve le *Tamarix* dans des systèmes fluviaux, oueds, des lacs surtout salés, aux bords des routes et des chemins de faire, marécages saisonniers : les plantes mûres peuvent résister à de longues périodes d'inondation de l'eau (70-90 jours, et même plus de 500 jours) et d'autres situations de montagnes, et les déserts arides etc. (McDaniel et Taylor, 2003).

En effet c'est un phreatophyte facultatif qui se développe mieux quand il y a une source possible des eaux souterraines, il peut survivre dans des secteurs arides sans abondance d'humidité extérieure.

Le *Tamarix* peut se développer aux altitudes variantes de moins 0m à 2100m, mais préfère les sols salins en dessous de 500m (DiTomaso 1998).

Bien qu'il n'y ait aucune donnée spécifique sur la plage de températures dans lesquelles les espèces de genre *Tamarix* survivent, ces espèces sont trouvées dans des endroits chauds, arides, des environnements des déserts à froids, hauts, et des habitats de montagne.

IV.4. 2. Le sol

Le *Tamarix* réclame, surtout, les zones alluviales. Il occupe typiquement les sites à sols en mélange de sable et limon ou limon, argile, sable et matière organique, l'humidité intermédiaire, les eaux souterraines peu profondes, et peu d'érosion (Brotherson et Winkel 1986).

IV.4. 3. La salinité

Le *Tamarix* n'est pas un halophyte d'obligation, c'est-à-dire il peut se développer sur un sols salés comme il peut se développer sur des sols non salés, mais il peut tolérer de grandes variations de concentrations d'éléments minéraux dans les différents types de sol Il est bien adapté aux sols salins et alcalins où il se développe typiquement dans les secteurs faisant la moyenne du sel environ de 600 mg/l. dans la solution du sol, Il peut survivre dans des concentrations de sels excédant les 5000 mg/l (Stevens, 1989).

Après les incendies, la salinité des sols ravagés par le feu devient plus élevée, (à cause de la dessiccation du sol), surtout les concentrations des sels du Bore phytotoxique quand ils dépassent 3 mg/l, qui peuvent retarder la remontée biologique et le rejet des arbres et des arbustes concurrents, en particulier *Populus* et *Salix*. Ces endroits sont très susceptibles d'être colonisés par le *Tamarix* tolérant à ces conditions, (Busch et Smith 1993).

IV.4. 4. Le pH

La plupart des oligo-éléments se dissolvent mieux dans des conditions modérément acides (PH d'environ 6.5) mais une grande proportion des plantes poussent dans un sol normal quelconque, qui peut varier de légèrement acide à légèrement alcalin (Pontoppidan, A. 2004).

Le *Tamarix* a une légère préférence pour des conditions alcalines (pH = 7.5) comparées à d'autres arbustes (Brotherson et Winkel 1986)

IV.4. 5. Acquisition de l'eau.

Plus la communauté est envahie par le *Tamarix* plus la concurrence est plus grande pour l'acquisition de l'eau et dans de telles conditions de dessèchement global de l'habitat. Ce qui permet à l'espèce xérophyte du *Tamarix* de se stabiliser et d'occuper le terrain (Brotherson, 1984).

La consommation de l'eau par le *Tamarix* est généralement considérée comme élevée, mais les taux d'évapotranspiration peuvent changer avec la profondeur de la nappe de l'eau et la salinité de sol c'est-à-dire plus l'eau est profonde plus l'évapotranspiration est réduite.

Dans des conditions de sécheresse ou extrêmement chaudes, le *Tamarix* ne transpire pas toujours aux taux potentiels (Davenport et al 1982). La conservation de l'eau sous ces situations est d'une grande importance écologique. Elle permet aux espèces du *Tamarix* qui se développent dans les environnements chauds du désert d'ouvrir leurs stomates juste pendant les heures les plus fraîches et les plus humides du jour.

Ceci permet aux *Tamarix* d'acquérir du CO₂ proportionné sans perdre beaucoup d'eau. Comme phreatophyte facultatif, les espèces du *Tamarix* sont capables d'extraire l'humidité du sol à partir des sols les moins saturés dans les zones où la nappe d'eau est plus profonde.

Ceci semble être une adaptation qui oblige les phreatophytes concurrents : tels que *Populus* et *Salix* qui ne possèdent pas cette faculté (Busch et al 1992), et peut partiellement expliquer l'exclusion concurrentielle de ces espèces par le *Tamarix* dans les secteurs ripicoles.

IV.4. 6. Résistance au feu

Le *Tamarix* adapte des mécanismes plus efficaces qui lui permettent de se rajeunir plus rapide après incendies à cause de la couronne racinaire dont on évoqué plus haut dans ce chapitre,

presque mieux que toutes les autres espèces ripicoles (Anderson et autres 1977b ; Busch et Smith 1993).

Après le feu, le *Tamarix* peut mieux résister aux augmentations des concentrations des éléments minéraux du sol, et l'augmentation du pH du sol, et la réduction d'humidité disponible. (Busch et Smith 1993). Cette adaptation a probablement été un facteur significatif favorisant sa colonisation rapide des terrains touchés par le feu (Busch et Smith 1992, 1993 ; Wiesenborn 1996). (Photo 15)

Dans les communautés ripicoles dominées par *Populus et Salix*, les feux de forêt sont peu fréquents (Busch et Smith 1993). En revanche, les intervalles entre les feux sont considérablement plus courts dans des secteurs infestés par le *Tamarix*.

On pense que le *Tamarix*, a développé des caractéristiques adaptatives qui augmentent l'inflammabilité des communautés où il se développe (Zouhar, 2003). Ceci lui permet de remplacer les communautés non-adaptées au feu, qui sont dominées par *Populus et Salix* (Busch et Smith 1992 ; Kerpez et Smith 1987).

À l'appui de ceci, Anderson et autres (1977b) ont démontré que 21 de 25 peuplements le long du fleuve inférieur du Colorado (USA) sont ravagés par les feux au cours d'une période 15 ans (entre 1981 et 1992). Les feux ont brûlé 35% de la végétation dominée par les *Tamarix*, comparé seulement à 2% des autres communautés pendant la même période de temps (Busch 1995).



Photo 15. Reprise du *Tamarix* après un incendie New Mexico (USA)

IV.4. 7. Le rôle hydrologique et sédimentaire

Grâce a son système de racine étendu et profond le genre *Tamarix*. est plus stable et résistant à l'érosion, ce qui lui permet d'être l'une des plantes les plus efficace pour :

- la réduction de l'érosion hydrique sur les monts sensibles à ce phénomène et pour la fixation des berges des fleuves et des Oueds ;
- la réduction de l'érosion éolienne grâce à son refoulement de branches basales.

Robinson en 1965 (in Mcdaniel, 2007), a démontré que le genre *Tamarix* limite progressivement la largeur des rivières et des Oueds en augmentant le dépôt de sédiment.

Pendant que le fleuve ou l'Oued recule et perde de sa largeur sous l'effet de sédimentation, le *Tamarix* s'établit plus sur les anciennes berges (Photo16 A et B). Ce processus continue jusqu'à ce que l'écoulement de jet soit sévèrement réduit.

Les infestations du *Tamarix* ont augmenté sur le fleuve de Brazos dans le Texas (USA) qui sont commencées en 1941, où la largeur moyenne de fleuve le long de 121kilomètres était de 155m, en 1979 la largeur moyenne avait été réduite à 66m soit une réduction de 42.5% de la largeur initiale pendant une durée de 38 ans.

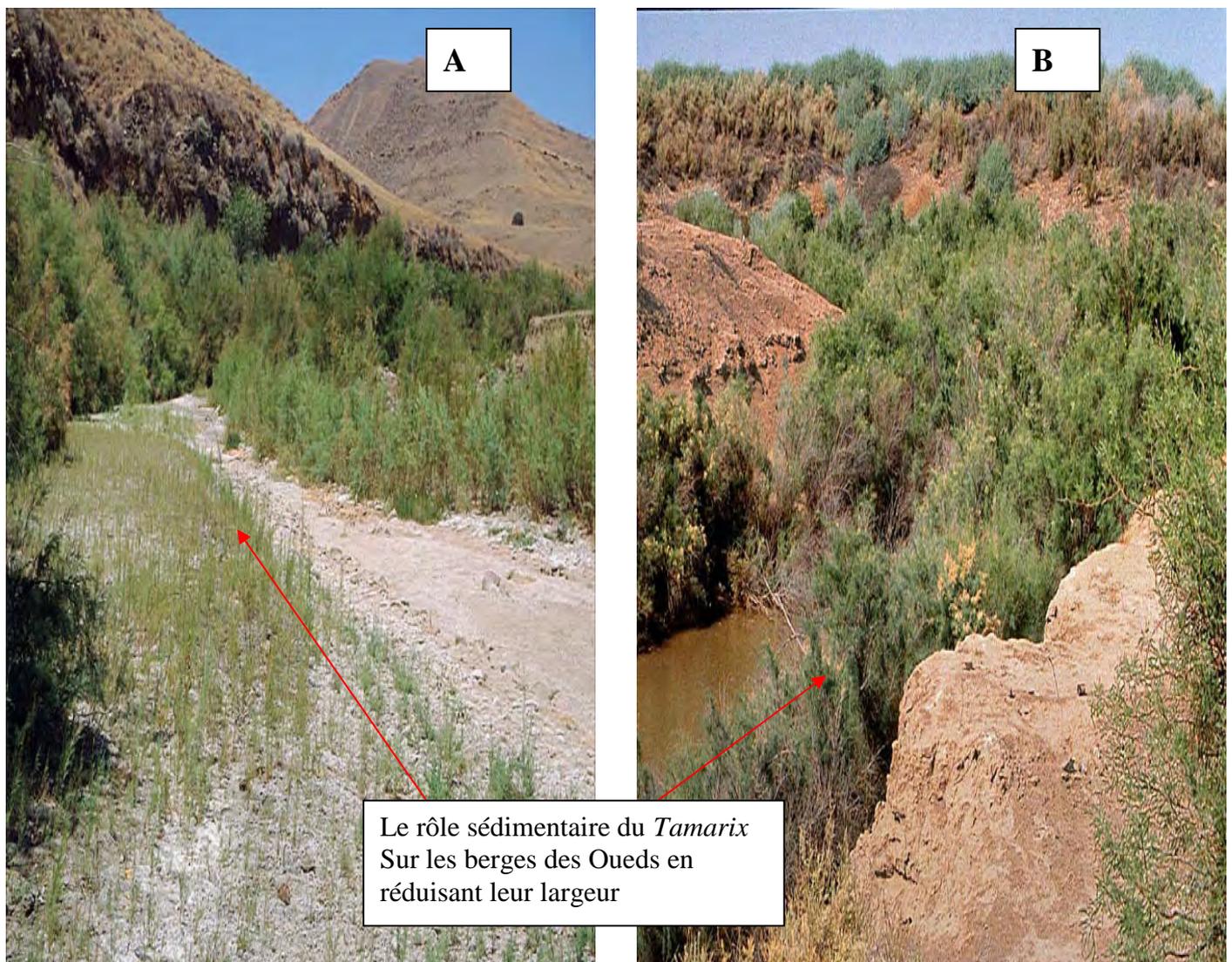


Photo 16 : Effet sédimentaire de *Tamarix sp.* : A sur un Oued à écoulement saisonnier, B sur un Oued à écoulement permanent (A :région de SIAR, B : site d'Oued El Arab, Khenchela)

IV.5. Les utilisations du genre *Tamarix*

IV.5. 1. Comme aliment au bétail (palatabilité)

Le *Tamarix* peut être utilisé comme aliment du bétail où les moutons par exemple tendent à consommer les jeunes plants et même les plantes mûres.

Généralement, le bétail tend à consommer les autres plantes, donnant au *Tamarix* l'avantage concurrentiel dans les secteurs fréquentés par le bétail.

La valeur nutritive du *Tamarix* n'est pas connue, bien qu'on rapporte que la teneur en protéines brutes est très basse (Johnson, R.1999).

IV.5. 2. Comme plante importante en apiculture

Le *Tamarix* est d'importance majeure dans les régions arides aux apiculteurs à cause de son nectar et du pollen qu'il fournit aux abeilles grâce à sa double floraison en une année.

Le miel du *Tamarix* est typiquement avec sa couleur et son goût désagréable fort, Il altère parfois la couleur et la saveur du miel d'autres sources.

La gestion de *Tamarix* pour la production de miel a besoin de plus de recherche (Knutson, Robbins and DeLoach. 2003).

IV.5. 3. Comme plante médicinale

Plusieurs peuples l'utilisent comme une plante médicinale à cause de ses caractères thérapeutiques pour plusieurs maladies, (Bikbulatova et Korul'kina. 2001).

Le *Tamarix* est l'un des bourgeons qui active le métabolisme du fer puisqu'il stimule la formation des hématies. Il est recommandé dans les syndromes hémogéniques aigus, l'anémie hypochrome, l'érythropénie tant hypoplaquettaire que médullaire. Il agit comme hypercoagulant total et est, de ce fait, indiqué dans les hypocoagulations sanguines (Depoërs, 2002). C'est un remède des thrombopénies acquises par suite d'infection virale et s'indique dans la mononucléose infectieuse. Il lutte contre l'histiocytose diffuse chronique (maladie de Hand-Schuller) et active le métabolisme du cholestérol (Philippe A, 2007).



Photo 17 : Un médicament produit en Europe extrait des jeunes bourgeons de *Tamarix gallica*

Dans une enquête ethnobotanique réalisée au Maroc en 2004 par El Rahffari L. et Zaid A. où ils ont illustré l'usage des espèces de *Tamarix* dans la médecine traditionnelle marocaine comme il est mentionné dans le tableau 26 .

Les parties de la plante de <i>Tamarix</i> utilisées	La forme de médicament	Forme administrée	La maladie traitée
1- les galles	- tisane ou sirop -décoction -mélange avec d'autres plantes -infusion -décoction	-orale -ban de bouche -appliqué sur peau et cheveux -ban de bouche	-diarrhée -douleurs dentaires, gingivite, ulcère buccal, muguet - poux, acariens -douleurs dentaires -maux d'estomac, ulcère gastrique
2- feuilles	-Teinture en mélange avec des minéraux	Application sur peau	- parasites cutanés
3-branches + feuilles	-décoction	-orale	- gastro-entérite
4-feuilles + galles	-décoction ou teinture	- orale	-douleurs et gonflement de la rate
5- les racines	-décoction -poudre	-massage -application locale	- tuberculose -lèpre, variole
6- partie aérienne + galles	-décoction ou tisane	- orale	-bronchite, asthme, tuberculoses
7-tige feuillée	-décoction ou tisane -mélange dans henné	-orale -application sur cheveux	- inflammation de l'utérus, douleurs et gonflements de la rate - soins des cheveux

Tableau 26 : Les différents usages de *Tamarix* dans la phytothérapie traditionnelle

Dans une étude réalisée par Saïdana.D et ses collaborateurs en 2007 dont ils visent à envisager la composition chimique des huiles volatiles dans les différentes parties du *Tamarix boveana* en Tunisie, (fleurs, feuilles et tiges), en utilisant la chromatographie à phase gazeuse, ils arrivent à découvrir 62 composants dont les principaux sont :

- L'acide de Hexadecanoic (18.14%),
- le docosane (13.34%),
- le germacrene D (7.68%),
- l'acétate fenchylique (7.34%),
- le benzoate benzylique (4.11%)

Pour tester l'effet anti-bactérienne et anti-fongique ces huiles volatiles sont appliquées sur six (06) espèces bactériennes à gram-positifs et gram-négatifs et quatre (4) espèces fongiques, où ces huiles ont montré une activité anti- bactérienne à l'exception de l'espèce *Pseudomonas aeruginosa* par contre aucun effet a été observé sur les champignons.

IV.6. Conclusion

Selon la nouvelle classification, « angiosperm phylogeny group (APG) de 2003 », le genre *Tamarix* appartient au clade des Caryophyllales.

Il renferme des espèces phréatophytes et halophytes facultatives ; comme il se caractérise par l'adaptation d'un ensemble de propriétés biologiques qui lui permettent l'acquisition de l'eau et l'occupation de l'espace par rapport aux autres espèces tel que le système racinaire plus évolué atteignant les 56m de profondeur avec une ramification horizontale intense, une forme spécifique de feuilles très réduite dotées d'un appareil qui leur permet l'excrétion de l'excès de sels (glandes sécrétrices de sels) , et une reproduction énorme de graines qui atteint les 600 000 graines par individu.

A ces grandes capacités adaptatives s'ajoute une très grande plasticité écologique en vis-à-vis du sol de l'humidité où ce genre s'adapte dans les milieux inondés et passe aux milieux les plus arides secs. Il tolère l'alcalinité où les pH dépasse la valeur de 8.5 ainsi la salinité qui dépasse les 500 mg/l.

Tous ces caractères permettent au *Tamarix* d'être l'une des plantes les plus adaptées aux conditions extrêmes du milieu, surtout dans les milieux où il est natif, ce qui nous laisse à réfléchir comment mieux l'exploiter dans nos régions (les régions steppiques algériennes) qui souffert de l'aridité de l'érosion et de la salinité.

Il représente aussi des caractéristiques thérapeutiques qui occupent une place importante dans les traditions médicales traditionnelles des peuples où dans l'occident ils orientent des recherches scientifiques pour mieux exploiter ces caractéristiques.



CHAPITRE V
ETUDE PHYTOSOCIOLOGIQUE,
MORPHOMETRIQUE
ET HISTOLOGIQUE DU TAMARIX

Introduction

La steppe occupe une part considérable de la superficie du Nord africain surtout en Algérie, où elle s'étend sur une superficie totale de 20 millions d'hectares dont 37,5% de cette superficie est complètement dégradée, ces régions steppiques constituent une ressource essentielle à l'activité pastorale des régions semi-aride et aride. (Hadeid, 2006)

Le couvert végétal dans ces régions steppiques ne cesse de se dégrader à cause des contraintes naturelles dont les plus marquantes sont la sécheresse et la salinisation des sols.

Les sols de ces zones steppiques, qui reposent le plus souvent sur des formations marneuse et gréseuse, en souffrent davantage à cause des contraintes suscitées. Cette dégradation du sol affecte ainsi leur fertilité, d'où leurs réserves en matières organiques et minérales appauvries.

Face à ces différentes contraintes, les plantes steppiques se trouvent confrontées de plus en plus à différents stress et le rendement des steppes, tend à chuter, année après année.

Tous ces problèmes, affectent l'équilibre et la productivité des steppes. (Rahmoune et al, 2001)

A cet effet nous tenterons d'envisager le comportement du *Tamarix*, à défaut des potentialités très importantes qu'il représente dans ces régions, qui ne sont guère un objet d'étude au par avant dans notre pays, malgré l'endémisme que représentent la majorité des espèces de ce genre en Algérie.

A cet égare notre étude s'articule sur l'aspect phytosociologique, morphométrique et en fin l'aspect histométrique du genre *Tamarix* dans les différents sites d'étude.

V.1. L'étude phytosociologique

V.1.1. Définition et historique

La phytosociologie est la science qui étudie les communautés de plantes et de ce fait les associations végétales. Cette discipline est relativement récente. Les végétaux se regroupent le plus souvent par affinités et ces relations sont étudiées grâce à l'analyse de relevés de ces groupements.

Diverses tendances de la phytosociologie se sont développées mettant l'accent tantôt sur la fidélité, tantôt sur la constance-dominance (Duvigneaud, 1974). On peut parler d'écoles de phytosociologie, dont les plus importantes sont celles de Zurich- Montpellier (ou école sigmatiste) et d'Upsala qui étudient des végétations équilibrées apparemment statiques. D'autres écoles, (écoles de Climent et Gaussen), se basent principalement sur le dynamisme de la végétation (Anonyme, 2006).

V.1.1. 1. L'école de Zurich-Montpellier (Flahault et Braun-Blanquet, 1915)

La phytosociologie sigmatiste, dont les bases ont été établies en 1901 par Flahault, a été mise au point en 1915 par Josias Braun-Blanquet (1884-1980). Ce botaniste suisse créa la station internationale de géobotanique méditerranéenne et alpine (SIGMA) à Zurich puis s'installa à Montpellier en 1931, d'où le nom de phytosociologie zuricho-montpelliéraine donné à cette approche. Cette école ne prend pas en compte initialement la dynamique de la communauté végétale, mais révèle la fidélité des espèces au sein des associations végétales : l'association est caractérisée par des espèces qui lui sont fidèles. C'est un groupement végétal plus ou moins stable et en équilibre avec le milieu ambiant, caractérisé par une composition floristique déterminée dans laquelle certains éléments exclusifs ou à peu près (espèces caractéristiques) révèlent par leur présence une écologie particulière et autonome. Ces espèces caractéristiques sont des indicatrices d'un milieu particulier, c'est-à-dire qu'en dehors des espèces spécialistes de conditions anormales (sols pollués, mal équilibrés chimiquement...) ce sont des espèces rares, vivant à la limite de leurs possibilités écologiques qui se confondent parfois avec la limite de leur aire géographique. La fidélité permet un classement hiérarchique linéaire réunissant les associations dont l'affinité floristique traduit une écologie et un passé similaires en unités phytosociologiques supérieures, alliances, ordres et classes. (Braun-Blanquet, J. 1932).

Le but de la phytosociologie sigmatiste d'aujourd'hui est d'établir une typologie, la plus précise possible, non seulement des unités de végétation, mais aussi des micro-habitats, et de les hiérarchiser en un synsystème cohérent, régi par des règles de nomenclature scientifique internationalement reconnues (Code de nomenclature phytosociologique) (Bon, 1991).

V.1.1. 2. L'école d'Upsala (Du Rietz, 1921)

L'école d'Upsala a été fondée en 1921 par Du Rietz. L'association est basée sur la constance-dominance ; c'est une phytocoenose stable, de composition floristique réellement homogène, dont chaque strate est caractérisée par des constantes-dominantes.

Il s'ensuit que les divers individus d'une association sont, tant au point de vue physiologique que floristique, pratiquement superposables les uns aux autres. Une telle similitude fait de l'association une unité rigide, quasi mathématique, mais essentiellement analytique : même là où la flore est peu variée et le tapis végétal monotone, le nombre d'associations est important pour une surface restreinte. Les strates étant considérées comme indépendantes, on change d'association chaque fois qu'une strate d'un certain type est remplacée par une autre. Les associations peuvent être réunies en groupes d'associations, eux-mêmes classés en formations, lesquelles constituent des unités phytosociologiques supérieures. Une formation est une entité naturelle composée des associations de même physiologie. Il y a subordination de l'association, basée sur la composition floristique, à la formation, basée sur la physiologie, (Barbault, 1992).

V.1.1. 3. L'école esthono-américaine (LIPMAA, 1933)

L'école esthono-américaine a été fondée par LIPMAA en 1933. Il se base sur le principe de l'indépendance des strates au sein de la phytocénose, les synusies ou associations unistrates sont les seuls groupements qu'on puisse considérer comme les unités élémentaires de la végétation. Elles sont caractérisées tant par leur composition floristique que par leur écologie et par la forme de vie dominante. La végétation multistrate est un ensemble plus ou moins compliqué d'associations unistrates. (Meriaux, 1982)

V.1.1. 4. Les écoles dynamistes : le système de CLEMENTS (1916) et l'école de Toulouse (GAUSSEN et REY, 1933-1955)

Les écoles dynamistes sont basées sur le phénomène de succession. Pour Clements (1916), le climax est considéré comme un organisme complexe inséparablement lié à son climat. Il est la principale unité de végétation et forme la base de la classification naturelle des groupements végétaux. La succession qui part du substrat dénudé pour aboutir au climax, et qui englobe tous les stades, depuis les pionniers, est une sère. Le cours normal d'une sère va de la dénudation à la stabilisation. Dans le système de Clements, l'unité de végétation, correspondant au climax général d'un territoire est la formation. Suivant les principaux types de climats régionaux, la formation est divisée en sous-unités, les associations. Celles-ci sont caractérisées par la dominance locale de deux ou plusieurs espèces dans la strate supérieure.

A Toulouse se sont développées les recherches de Gaussen et de ses élèves (1933-1955) basées sur la végétation des Pyrénées. Elles ont donné lieu à des méthodes et techniques de cartographie de l'environnement. Dans les conceptions dynamiques de Gaussen on classe ensemble dans une même unité qui est la série, tous les groupements végétaux qui appartiennent à cette série, depuis la pelouse basse et lâche jusqu'à la forêt haute et dense, même si ces deux groupements n'ont dans leur composition floristique aucune espèce en commun. C'est une classification de type vertical. (Yongo, 2002)

V.1.1. 5. La phytosociologie synusiale intégrée (De Foucault et al, 1980)

La phytosociologie synusiale intégrée est née dans les années 1980 à partir des travaux de trois chercheurs : Bruno De Foucault, François Gillet et Philippe Julve. Pour ces chercheurs elle n'est pas opposée à la phytosociologie sigmatiste mais complémentaire, c'est même un perfectionnement de la méthode sigmatiste classique.

Elle est née de la convergence de différents impératifs d'ordre théorique tels qu'établir un parallélisme étroit entre les types de communautés végétales et les niveaux d'organisation de la végétation, homogénéiser et clarifier les concepts de base, promouvoir une approche systémique de la végétation en relation avec la dynamique des écosystèmes et son déterminisme écologique. Deux principes fondamentaux la distinguent de la phytosociologie sigmatiste classique :

- les communautés végétales élémentaires sont situées au niveau d'organisation de la synusie (plus petite unité visible sur le terrain) ;
- les complexes de végétation (phytocoenoses) sont décrits par intégration à partir du niveau de base. (Gillet et al, 1991).

Parmi les niveaux d'organisation de la végétation, la synusie et la phytocoenose sont privilégiées. Il en découle une méthode de description de la végétation en deux étapes successives et analogues. L'étape synusiologique vise à décrire, classer et comprendre le déterminisme des synusies végétales. L'étape phytocoenologique quant à elle a pour but de décrire, classer et comprendre le déterminisme des phytocoenoses, considérées comme des complexes de synusies en interaction et organisées tant horizontalement que verticalement.

Ces deux étapes visent à décrire la structure fine de la végétation dans le but d'expliquer l'organisation et le fonctionnement des systèmes phytocoenotiques.

La phytosociologie synusiale intégrée permet de mieux appréhender les aspects structuraux et historiques des associations décrites et de prévoir l'évolution possible de l'association végétale présente. (Gillet, 2000)

V.1.2. Méthodes phytosociologiques

L'étude des groupements végétaux se fait essentiellement par la méthode des relevés. Ces relevés sont effectués dans des milieux floristiquement homogènes, ils doivent être représentatifs de l'association qu'ils décrivent. (Decoq, 1997).

Le relevé se fait à l'aide d'une fiche normalisée qui permet de recueillir les données écologiques du site :

- localisation géographique ;
- géologie, pédologie, hydrologie et topographie ;
- structure de la communauté végétale (recouvrement, stratification, hauteur, densité, usages) ;
- inventaire exhaustif des espèces ;
- situation environnante, influences humaines et animales (Delpech, 2006).

Chaque espèce reçoit un coefficient d'abondance/dominance et de sociabilité suivant les échelles de valeurs établies par Braun-Blanquet et modifiées par Tüxen (1955, 1975).

V.1.2.1. Abondance/dominance :

On appelle abondance la proportion relative des individus d'une espèce donnée et dominance la surface couverte par cette espèce; l'échelle suivante est utilisée :

5 : recouvrement de 75 à 100 % ;

4 : recouvrement de 50 à 75 % ;

3 : recouvrement de 25 à 50 % ;

2 : recouvrement de 5 à 25 % ;

1 : recouvrement de 1 à 5 % ;

+ : espèces présentes mais d'une manière non chiffrable ;

r : espèces rares ;

i : individu unique, (De Foucault, 1986).

V.1.2.2. Sociabilité :

Il tient compte du mode d'organisation et de regroupement ou non des individus au sein de la communauté et dépend beaucoup plus du mode de propagation propre à l'espèce que des conditions du milieu ; l'échelle suivante est utilisée :

5 : peuplement très dense ;

4 : petite colonie ;

3 : troupe ;

2 : groupe ;

1 : individu isolé.

L'étude de la composition floristique de la végétation par la méthode sigmatiste permet une approche statistiquement représentative du tapis végétal. Le principal avantage de cette méthode est sa reproductibilité à toute sorte de communauté, sans distinction géographique ou climatique. De plus elle permet des échanges internationaux d'informations, notamment

européens. Bien que peu utilisée par les Anglo-Saxons, elle est la seule qui offre une codification formelle de la végétation (Blanc, 1998).

V.1.3. La notion d'aire minimale

Selon la définition originelle, l'aire minimale est « l'espace minimum [que demande un individu d'association] pour acquérir le développement auquel correspond l'ensemble spécifique normal » (BraunBlanquet et Pavillard, 1928).

Un relevé ne sera considéré comme représentatif de l'individu d'association étudié que s'il est effectué sur une surface au moins supérieure à l'aire minimale.

Bien que cette technique soit en fait très rarement utilisée, on définit classiquement l'aire minimale d'un individu d'association à partir de la courbe aire-espèces (courbe d'accroissement du nombre d'espèces en fonction de la surface, que l'on augmente par doublements successifs de placettes imbriquées, en enregistrant les nouvelles espèces qui apparaissent jusqu'à ce que aucune nouvelle espèce apparaisse (Figure 36) (Gounot, 1969).

Par cette technique (ou par une évaluation empirique directe), on repère ainsi la surface optimale du relevé pour chaque type de communautés.

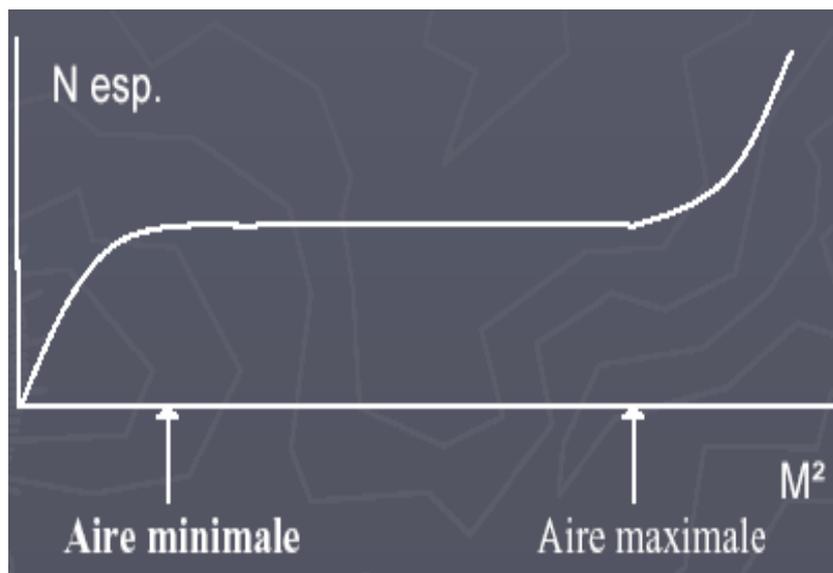


Figure 36 : Détermination de l'aire minimale

Dans notre cas nous avons pris une aire minimale de 100m² jugé comme aire représentative pour tout les groupements végétaux de la steppe et ce quelles que soient les conditions de précipitations et de milieu (Djebaili, 1984).

En effet nous cherchons uniquement à déterminer les espèces constituant le cortège floristique du genre *Tamarix* nous pris uniquement en considération le critère présence/absence de l'espèce.

V.1.4. Détermination des espèces

Les flores utilisées pour l'identification des taxons récoltés sont :

- la flore de l'Algérie Quezel et Santa (1962) ;
- la flore méditerranéenne Paccalet (1982) ;
- les flores de Sahara Ozenda (1958,1977) ;
- la grande flore en couleurs de Bonnier (1990) ;
- fleur d'Algérie Beniston (1984).

Avec la collaboration du Professeur Bouazza M. (professeur au sein de la faculté de biologie, laboratoire d'écologie végétale à l'Université de Aboubakar Belkaid à Telemcen en Algérie.

V.1.4.1. Présentation des résultats

A) Le site de Garat El Taref

Pour la détermination du cortège floristique du *Tamarix* dans ce site nous avons basé notre étude sur la celle réalisée par la direction générale des forets, (Atlas de zones humides algérienne à importance internationale 2004).

Les milieux naturels qui échappent à l'agriculture présentent un tapis végétal qui recouvre de 10 à 15% des sols, en plus du *Tamarix*, il est dominé par deux (2) Chénopodiacées, *Atriplex halimus*, qui forme des touffes de différentes tailles et plus ou moins distinctes, et *Salicornia fructuosa*, qui occupe toute la frange située entre les sols dominés par *Atriplex halimus* et les zones de balancement des eaux.

Ces plantes sont accompagnées d'un cortège floristique diversifié composé des familles les plus importantes représentées dans le tableau ci-dessous :

Les familles les plus importantes	Les espèces
Les Composées	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Galactites tomentosa</i>, - <i>Calandula arvensis</i>, - <i>Scorzonera lacineata</i>, - <i>Silybum eburneum</i>, - <i>Senecio gallucus</i>, - <i>S. adonidifolius</i>, - <i>Urospermum dalechampii</i> - <i>Taraxacum officinalis</i>
Les Caryophyllacées	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spergularia salina</i>, - <i>Silene gallica</i> - <i>S. glabrescens</i>
Les Crucifères	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Alysum montanum</i>, - <i>Diploaxis ericoïdes</i>, - <i>Raphanus raphanistrum</i>, - <i>Matthiola fructiculosa</i> - <i>Moriconda arvens</i>
Les Poacées	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Avena sativa</i>, - <i>Dactylis glomerata</i>, - <i>Stipa retorta</i>, - <i>Alopecurus pratensis</i>, - <i>Dasypyrum hordaceum</i> - <i>Bromus rebens</i>

Tableau 27 : Les familles les plus importantes inventoriées dans le site de Garat El Taref

La flore du site compte 114 espèces réparties en 28 familles représentées dans le Tableau 28 selon le nombre d'espèces pour chaque famille.

Famille	Nombre d'espèces
1. Aizoacées	1
2. Borraginacées	5
3. Campanulacées	1
4. Caryophyllacées	4
5. Chénopodiacées	5
6. Cistacées	1
7. Composées	19
8. Crucifères	14
9. Cypéracées	3
10. Frankeniacées	1
11. Fumariacées	1
12. Globulariacées	1
13. Graminées	17
14. Iridacées	1
15. Juncacées	1
16. Labiées	5
17. Liliacées	2
18. Malvacées	1
19. Ombellifères	1
20. Papilionacées	12
21. Plantaginacées	3
22. Poacées	4
23. Primulacées	1
24. Ranunculacées	3
25. Résédacées	1
26. Rubiacées	1
27. Scoriofulariacées	1
28. Thymulacées	1

Tableau 28: Composition floristique du site de Garat El Taref

C) le Site d'Oued El Arab

Le cortège floristique du groupement du *Tamarix* dans ce site est moins riche que le site précédant, il représente un groupement mixte formé du *Tamarix* et de Laurier rose. La strate inférieure est dominée par l'*Atriplex halimus* et *Salsola vermiculata* de la famille des Chénopodiacées, de l'*Euphorbia helioscopia* de la famille des Euphorbiacées, en général, nous avons déterminé 22 espèces appartenant à 10 famille comme il est montré dans le tableau 29

famille	espèces
Apocynacées	<i>Laurier rose</i>
Chénopodiacées	<i>Atriplex halimus</i> <i>Salsola vermiculata</i>
Composées	<i>Ormenis praccox</i> <i>Seneciq vulgaris</i> <i>Centauria acaulis</i> <i>Carduus pycnocephalus</i>
Crucifères	<i>Sinapia arvensis</i> <i>Sinapia alba</i> <i>Raphanus raphanistrum</i>
Euphorbiacée	<i>Euphorbia helioscopia</i>
Malvacées	<i>Malva parviflora</i>
Ombellifères	<i>Turginia latifolia</i> <i>Scandix pecteru-venesis</i>
Poacées	<i>Avena sterilis</i> <i>Lolium multifolium</i> <i>Hrdium murinum</i> <i>Bromus rebens</i> <i>Cynodon dactylon</i>
Zygophyllacées	<i>Peganum harmala</i>

Tableau 29: Composition floristique du site de Oued El Arab

C) le Site d'Ouazerne

Le cortège floristique du genre *Tamarix* dans le site de Ouazerne est constitué de 07 familles avec 11 espèces (Tableau 30) :

Il est à noter que malgré que la réalisation des relevés phytosociologiques est faite en printemps, on remarque la rareté de la richesse floristique dans ce site ; cela peut se traduire par le manque des précipitations qui a marqué toute la zone d'étude et par conséquent la rareté des espèces annuelles.

famille	Nombre d'espèces
Astéracée	<i>Cirsium chrysacantum</i>
Capparacées	<i>Cleome africana</i>
Chénopodiacées	<ul style="list-style-type: none">- <i>Salsola vermiculata</i>- <i>Salsola foetida</i>- <i>Traganum nudatum</i>
Cucurbitacées	<i>Citrulus colocynthis</i>
Poacées	<ul style="list-style-type: none">- <i>Stipagrostis pungens</i>- <i>Dimostachya bipinata</i>- <i>Cynodon dactylon</i>
Solanacées	<i>Solanum nigrum</i>
Zygophyllacées	<i>Peganum harmala</i>

Tableau 30: Composition floristique du site de Ouazerne

V.1.4.2. Interprétation des résultats

On observe nettement la différence dans les cortèges floristiques du genre *Tamarix* dans les trois stations étudiées ; le site de Garat El Taref represent la station la plus riche en nombre d'espèces, tandis que le site de Ouazerne représente la station la plus pauvre en nombre d'espèces et le site d'Oued El Arab occupe la dixième place.

Cela peut s'expliquer par les conditions climatiques et stationnaires du site de Garat El Taref q'est une zone humide, alors que le site de Ouazerne est une zone désertique et la station de Ouad El Arab constitue une zone de transition entre le domaine désertique et le domaine tellien.

V.2. L'étude morphométrique

V.2.1. définition :

La morphologie végétale est la partie de la botanique qui consiste à décrire les formes extrêmes et la structure internes des plantes et de leur organisme.

Cependant, les formes et les caractères peuvent changer selon le milieu où se trouve l'espèce végétale. L'étude de ces variations nécessite l'utilisation de la morphométrie, qui donne des renseignements sur le polymorphisme des espèces, leurs états de dégradations et les adaptations aux différentes conditions.

En effet plusieurs auteurs se sont penchés sur les mesures de la biomasse végétales, (Demelon (1968) ; Gounot (1969), Roy (1977), Fournier (1983), Daget et Godron (1995)).

Pour mieux connaître la spécificité du genre Tamarix, ainsi que son aptitude de résilience à telles ou telles zones, nous avons jugé utile d'effectuer un certain nombre de mesure au niveau du ce genre.

V.2.2. Méthodologie

Nous avons appliqué la méthode citée par (Blanc, 1998), où nous avons pris des parcelles d'un (1) hectare pour chaque site .Cet hectare est divisé en quadrats de 10x10 m et parcouru en diagonal (Figure 37).

Dans chacun des quadrats, nous avons pris un individu au hasard pour le quel nous avons mesuré les paramètres suivant :

- la hauteur ;
- le nombre des ramifications basales ;
- la surface du recouvrement basale ;
- la longueur des chatons ;
- le nombre de fleur par chaton.
- La longueur des racines et la partie aérienne de jeunes plantules de la saison

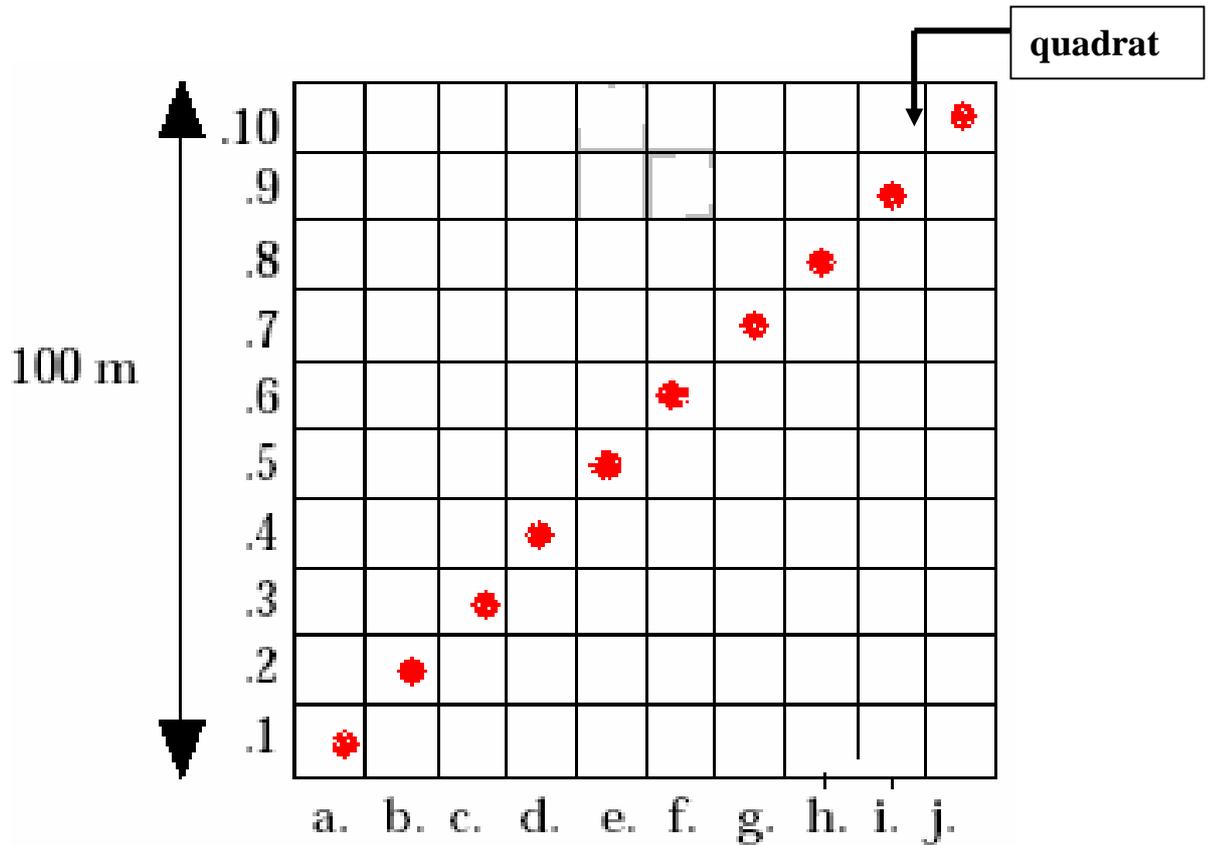


Figure 37 : Mode d'échantillonnage pour la réalisation de mesures morphométriques

V.2.3. Présentation des résultats

V.2.3.1 étude des plants âgés

A) Garat El Taref

La lecture du tableau 31 pour le site du Garat El Taref révèle que les individus du *Tamarix* dans cette station ont une hauteur de 3.50m en moyenne avec une ramification importante à la base qu'est de 25.1 rameaux à la base de chaque pied du *Tamarix*.

Le recouvrement basal est de 8.6m^2 , la longueur des chatons est de 4.2cm contenant 52 fleurs pour chacun.

Individu	Hauteur (m)	Nombre de ramification basale	Surface du recouvrement basal (m²)	Longueur de Chaton (cm)	Nombre de fleurs par chaton
1	3,2	23	5	3,5	51
2	3,5	50	6,32	4,5	65
3	3,05	17	3,6	3	38
4	2,9	18	4,24	3,9	50
5	3,15	25	8,7	5,5	57
6	3,51	24	19,24	5,4	54
7	3,75	55	13,72	4,5	36
8	4,2	15	4,68	3,3	49
9	4,7	7	16,23	3,7	60
10	4,9	17	4,24	4,5	61
Moy.	3,70	25,1	8,6	4,2	52

Tableau 31: Mesures morphométriques du site de Garat El Taref

B) le site de Oued El Arab

L'examen du tableau 32 montre que la hauteur des individus du groupement du *Tamarix* est de 3.3m avec une ramification basale de 21.2 rameaux à la base.

La surface du recouvrement basal est de 24.8m², la longueur des chatons est de 3.1cm avec un nombre de 56 fleurs par chatons.

Individu	Hauteur (m)	Nombre de ramification basale	Surface du recouvrement basal (m²)	Longueur de Chaton (cm)	Nombre de fleurs par chaton
1	1,3	5	1,36	2,5	51
2	1,6	5	0,9	2,7	60
3	6,03	20	14,35	2,8	46
4	1,4	5	0,54	2,6	52
5	4,3	23	0,73	2	65
6	3,9	20	26,5	2,8	52
7	4,81	27	59,37	3,3	45
8	3,22	30	29,97	4	58
9	3,01	37	48,63	4,2	69
10	3,23	40	65,34	4	61
Moy.	3,3	21,2	24,80	3,1	56

Tableau 32: Mesures morphométriques du site de de Oued El Arab

C) le site d'Ouazarne

Selon les résultats récapitulés dans le tableau 33 les individus du groupement à Tamarix représentent une hauteur moyenne de 2.75m avec un recouvrement basale de 23.6m² et une ramification à la base de 18.8 rameaux en moyenne.

Alors que la longueur moyenne des chatons est de 7.4cm avec 84 fleur par chaton.

Individu	Hauteur (m)	Nombre de ramification basale	Surface du recouvrement basal (m²)	Longueur de Chaton (cm)	Nombre de fleurs par chaton
1	4,61	24	29,4	8	102
2	2,1	29	10,5	7,5	94
3	2,9	14	18,2	7,75	82
4	3,3	52	80,75	9	101
5	1	11	1	7,8	90
6	1,9	1	3	6,3	65
7	2,9	11	12,32	7,5	84
8	1,8	7	2,29	7	93
9	2,5	5	12,4	6,5	65
10	4,6	34	67,74	7,1	64
Moy.	2,75	18,8	23,8	7,40	84

Tableau 33: Mesures morphométriques du site de Ouazerne

V.2.3.2 Interprétation des résultats

L'analyse de la figure 38 récapitulant les résultats des trois sites nous montre que la différence d'hauteur du groupement à *Tamarix* entre les trois sites est importante elle atteint 0.95m entre le site de Ouazerne et Garat El Taref et de 0.35cm entre le site de Garat El Taref et Oued El Arab, généralement elle tend à décroître en allant du Nord vers le sud de la région d'étude.

Le nombre des rameaux basaux est faiblement variable entre les trois sites, mais il reste important dans le site de Garat El Taref avec 25.1 rameaux et assez faible dans le site d'Ouazerne.

Le recouvrement basal d'un individu est très important dans les sites de d'Oued El Arab avec 24.8m² et 23.3m² dans le site de d'Ouazerne, et reste faible dans le site de Garat El Taref avec 8.6m² seulement.

La longueur des chatons représente une variation très grande, dépassant le double entre le site de Ouazerne (7,4cm) et le site d'Oued El Arab avec 3.1cm et de 4.2cm à Garat El Taref.

Le nombre de fleurs par chaton s'élève à 84 fleurs par chaton dans le site de Ouazerne entre 56 et 52 fleurs par chaton respectivement dans les sites de Oued El Arab et de Garat El Taref

Ces différences morphométriques entre les individus du même groupement peut s'expliquer par l'adaptation de l'espèce aux stress abiotiques existants dans les trois biotope comme ils les avaient expliquées les études du milieu mentionnées dans les chapitres précédents (chapitre I, II, et III)

En effet le site de Garat El Taref est caractérisé par sa haute salinité ainsi l'excès d'eau qui le caractérise dans la majeure partie de l'année. Par contre le site de Ouazerne représente un biotope où il règne une sécheresse permanente avec excès de températures ; ce qui oblige l'espèce à adapter une morphologie qui répond aux contraintes de ces biotopes.

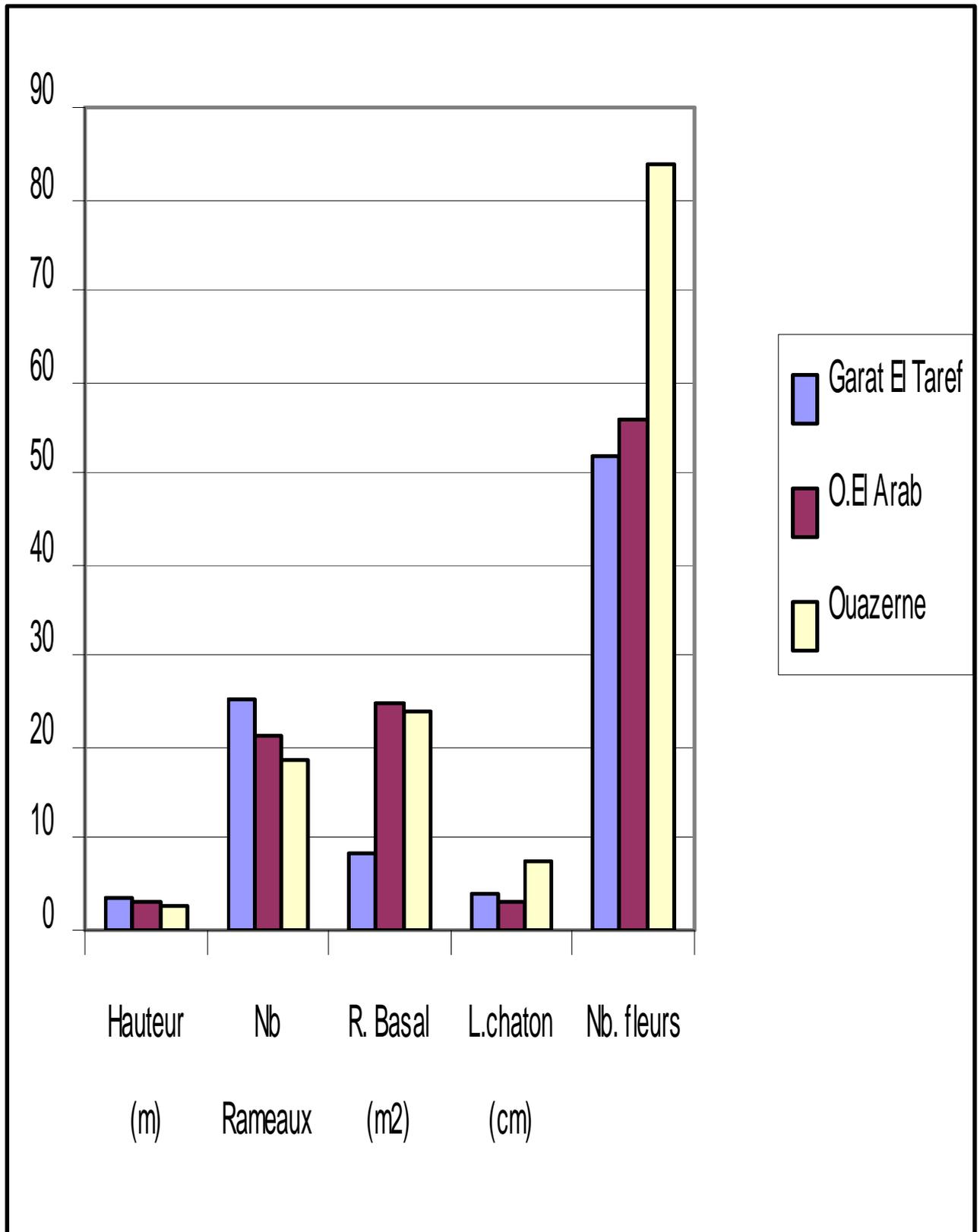


Figure 38 : Comparaison des paramètres morphométriques entre les trois sites de la région d'étude

V.2.3.3. étude des jeunes pousses

Malheureusement, pour l'étude de ce paramètre nous ne disposons que des données du site de Ouazerne seulement à cause de l'absence de la régénération par semis dans les deux autres sites résultant de l'action anthropozoogène d'une part et du phénomène de la sécheresse persistant d'une autre part (photo 17).



Photo18 : Jeunes pousses de *Tamarix sp.* âgées de 5 mois (site d'ouazerne)

Pour ce paramètre nous avons étudié la longueur de la racine, la longueur de la partie aérienne, le rapport entre la partie aérienne, le nombre des ramifications aériennes et le système racinaire et le point de la première ramification de la racine. Les résultats moyens sont récapitulés dans le tableau 34

Paramètre	Mesure en moyenne de 10
Longueur de la partie aérienne	5.7cm
La longueur de la racine	19.25cm
moyenne de ramifications aériennes	7.25cm
Point de ramifications racinaire	8.62
Partie aérienne/ partie racinaire	0.32

Tableau 34 : Les mesures morphométriques des jeunes pousses de genre *Tamarix*

V.2.3.4. interprétation des résultats

L'analyse des résultats révèle que :

- la longueur moyenne de la partie aérienne des jeunes pousses du Tamarix est de 5.7cm avec un maximum mesuré de 9cm et un minimum de 3.5cm.
- la longueur moyenne des racines des jeunes pousses du Tamarix est de 19,25cm avec une longueur maximale mesurée de 35cm et la minimale de 10cm.
- le nombre moyen des rameaux de la partie aérienne est de 7.25cm avec un maximum mesuré de 15 et un minimum de 3.
- le premier point auquel est observée une ramification d'une racine secondaire est à 8.62cm de la longueur de la racine avec un maximum observé de 22cm et un minimum de 5.5cm.
- le rapport de la longueur de la partie aérienne sur la longueur de la partie racinaire est de 0.32 ce qui veut dire que le système racinaire est plus long trois fois (03) que le système aérien.

V.3. L'étude histométrique

V.3.1. Définition :

L'histologie est précisément la partie de la biologie qui traite de l'organisme des tissus, on dira qu'un tissu est l'ensemble des cellules semblables aux points de la vue morphologique et fonctionnelle. (Hould, 1982)

Au départ, il faut avoir en tête le propos de l'histologie descriptive, qui est l'étude systématique de la morphologie microscopique des tissus du genre Tamarix dans les trois sites de la région d'étude (Schwendiman, 1989).

V.3.2. Les coupes histologiques

V.3. 2.1. Méthodologie :

Notre étude repose sur des coupes faites aux niveaux des racines et des tiges prélevés des trois sites en appliquant la technique des coupes à main levée (Berlyn, 1976) (figure 38) Au quelle s'ajoute la détermination de la tension stomatique au niveau des feuilles.

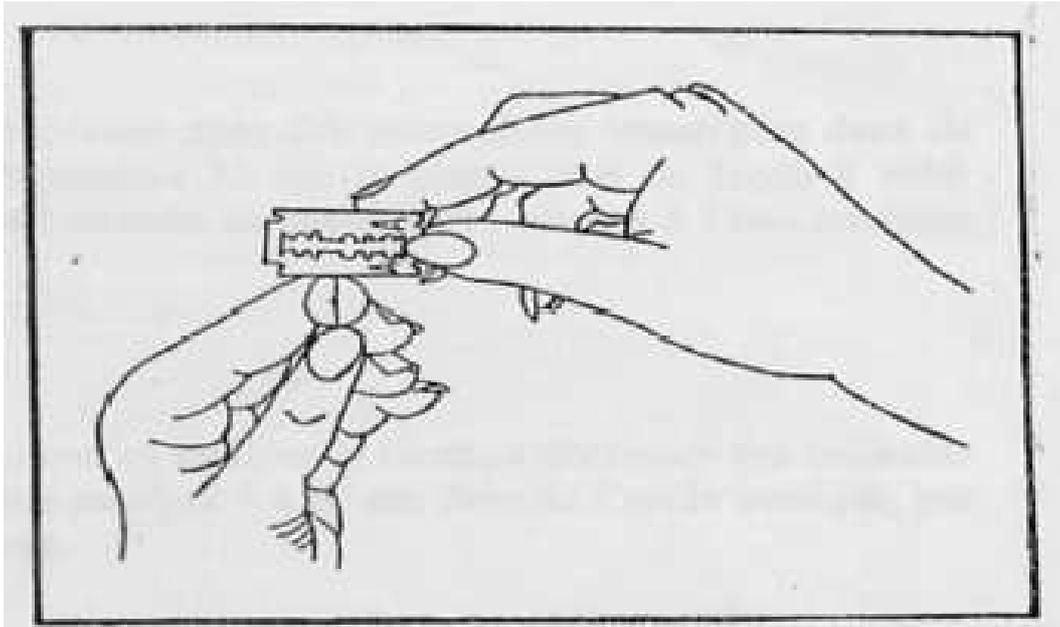


Figure 39 : Technique de coupe à main levée.

V.3.2.1.1 Mode opératoire

A). Matériel utilisé :

- ☞ Boîtes de pétries et verres de montre vides (minimum 4) ;
- ☞ Lames de rasoir neuves ;
- ☞ Lames (porte objets) ;
- ☞ Lames (couvre objets) ou lamelles ;
- ☞ Une pince fine et un chiffon ;
- ☞ Eau de javel ;
- ☞ Eau distillée ;
- ☞ Colorants (Vert d'iode et Carmin aluné) ;
- ☞ Acide acétique à 1% ;

- ☞ Un microscope optique et photo-microscope ;
- ☞ Un micromètre pour prendre les mesures des différents tissus ;
- ☞ Une bande de tissu filtre ;
- ☞ Un tamis pour filtrer les coupes fines ;
- ☞ Et la glycérine pour la conservation des coupes fines obtenues.

B) Méthode :

B-1) Préparation et réalisation des coupes anatomiques :

On prend les parties à étudier (tige, racine).

On choisit les meilleures racines ainsi que les meilleures tiges puis on les plonge dans l'eau distillée quelques instants afin d'avoir de bonnes coupes. Après la réalisation de cette étape, nous avons suivi les étapes suivantes :

- Prendre la tige ou la racine à main levée et réaliser les coupes transversales grâce à une lame de rasoir (figure 38);
- Déposer les coupes sur un tamis en tulle dans un verre de montre rempli d'eau distillée, les coupes les plus fines sont sélectionnées à l'aide d'une pince afin de pouvoir les colorer par la suite.

B-2).La double coloration des coupes :

La technique utilisée est celle de la double coloration au carmin aluné-vert d'iode.

Le but recherché par cette technique est de mettre en évidence les deux types de tissus existant dans la structure histologique soit de la tige soit de la racine de *Tamaix*.

- Le vert d'iode permet de colorer les tissus lignifiés, xylème ;
- Le carmin aluné ou rouge carmin permet de colorer les tissus celluloseux phloème.

B-3) La technique :

- On trempe les coupes dans un verre de montre contenant de l'eau de javel pendant 10 à 20 mn afin de détruire le contenu cellulaire et blanchir les membranes ;
- On rince les coupes trois fois dans l'eau distillée afin d'éliminer l'eau de javel ;

- L'immersion de ces coupes traitées dans l'acide acétique à 1% pendant 5 minutes, élimine les traces de l'eau de javel et permet la fixation des autres colorants ;
- Le traitement par le carmin aluné est effectué pendant 15 à 20 minutes ;
- On rince les coupes trois fois avec l'eau distillée afin d'en éliminer l'excès du colorant ;
- Ensuite, on trempe ces coupes dans le vert d'iode pendant 30 secondes pour les tissus lignifiés ;
- Après on rince soigneusement les coupes avec de l'eau distillée et on choisit les meilleures coupes ;
- On les met ensuite entre lame et lamelle en l'immergeant dans une goutte d'eau puis on observe au microscope optique ;
- L'observation au microscope optique nous a permis de sélectionner les meilleures coupes soit pour faire des mesures à l'aide d'un micromètre au grossissement (10x40) ou bien prendre des photos à l'aide de photo-numérique

V.3.2.1.2. Interprétation des résultats

A) Les mesures de la tige

Comme le montre le tableau 35 représentant les résultats de mesure moyenne de dix (10) mesures de la tige âgée de plus de 2 ans pour la quelle nous avons mesuré le Suber, le Phloème secondaire, le Xylème primaire, le Xylème secondaire, la moelle et l'écorce totale (fig. 40) dans les trois sites étudiés.

Tissus site	Suber	Xylème 2	Phloème 2	Ecorce totale	Xylème 1	moelle
Garat El Taref	0.4	0.29	0.25	1.62	0.2	3.06
O. El Arab	0.37	0.42	0.48	2.37	0.21	2.47
Ouazerne	1.15	0.88	1.19	4.17	0.6	5.15

Tableau 35 : Les résultats de mesure des coupes transversales des rameaux de *Tamarix sp.* dans les trois sites (x100 en μm)

En analysant la figure 40 on observe que l'épaisseur de la tige dans le site d'Ouazerne est presque trois fois plus de celle mesurée dans le site de Garat El Taref et le site d'O. El Arab qui ont presque la même valeur.

La même chose peut s'observée sur les épaisseurs de tous les autres tissue

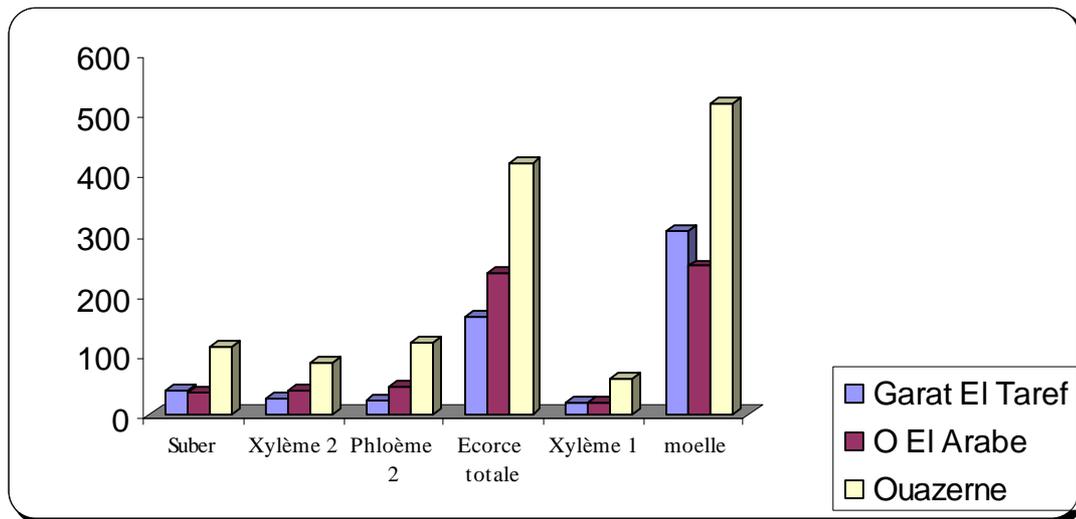


Figure 40 : Les résultats de mesure des coupes transversales des rameaux de *Tamarix sp.* dans les trois sites

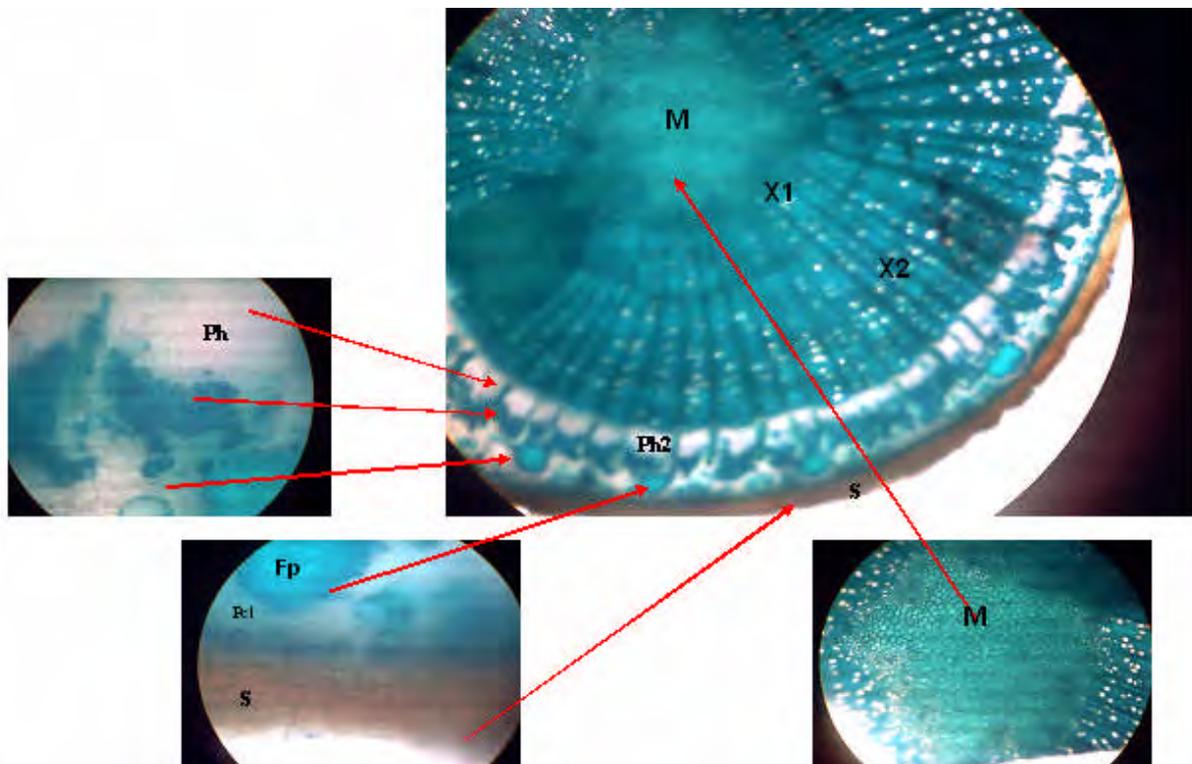


Figure 41 : Coupe transversale dans un rameau de *Tamarix sp.* âgée de deux ans

Légende : M : Moelle X1 : Xylème primaire , X2 : Xylème secondaire , S : Suber , Ph2 : Phloème secondaire , Pcl : parenchyme cortical lignifié

B) Les mesures de la racine

Pour les résultats de mesure de la racine représentée dans le tableau 36 pour laquelle nous avons pris une mesure moyenne de dix (10) mesures d'une racine âgée de plus de 2 ans pour la quelle nous avons mesuré le Suber, le Phloème secondaire, le Xylème secondaire et l'écorce totale (fig. 42) dans les trois sites étudiés.

Tissus site	Suber	Phloème 2	Xylème 2	Ecorce totale
Garat El Taref	0.45	0.39	0.78	2.47
O. El Arab	0.38	0.45	0.48	3.07
Ouazerne	1.5	1.09	1.85	7.26

Tableau 36: Les résultats de mesure des coupes transversales des racines de *Tamarix sp* dans les trois sites (x100 en μm)

La figure 42 révèle que les tissus des racines mesurés dans le site de Ouazerne sont les plus épais que s ceux du site de Garat El Taref et le site d'Oued El Arab à l'exception du Phloème secondaire, où le site de Garat El Taref représente le tissus le plus épais.

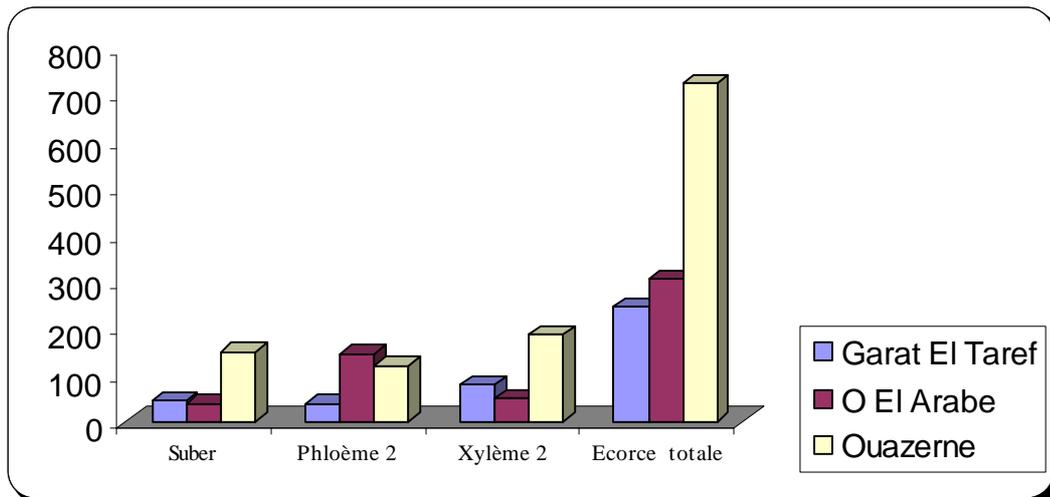


Figure 42 : Les résultats de mesure des coupes transversales des racines de *Tamarix sp*. dans les trois sites

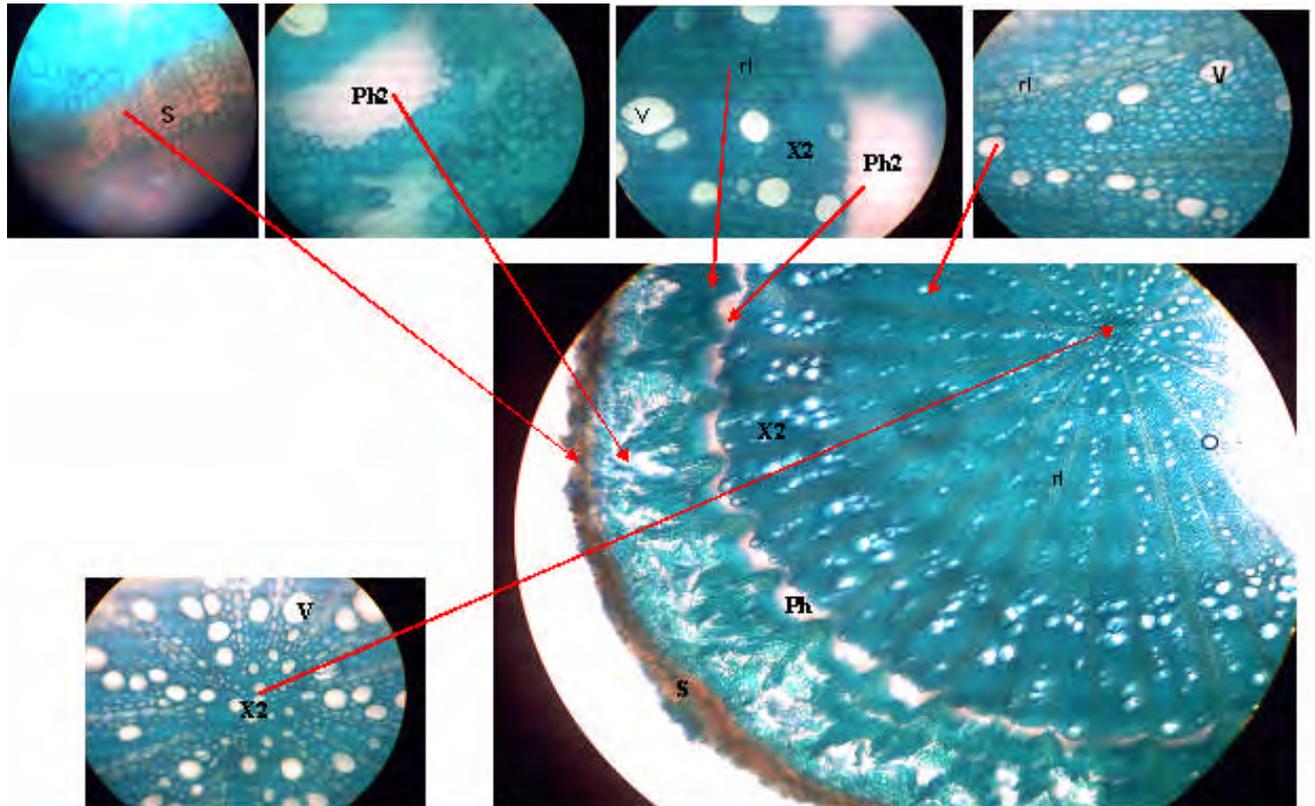


Figure 43 : Coupe transversale dans une racine de *Tamarix sp.* âgée de deux ans

Légende : M : Moelle, X2 : Xylème secondaire, S : Suber, Ph2 : Phloème secondaire, Pcl : parenchyme cortical lignifié rl : rayons ligneux, V : Vaisseaux,

C) le rapport entre les épaisseurs des tissus de la racine et les tissus de la tige

Nous avons calculé le rapport entre les tissus de la racine et de la tige à savoir le Suber, le Phloème secondaire, le Xylème secondaire et l'Ecorce total dans les trois sites, comme le montrent le tableau 37 et la figure 44.

Les résultats nous montrent que le rapport des épaisseurs mesurées des tissus de la racine par rapport aux épaisseurs des tissus de la tige est toujours supérieur à l'unité (1) concernant le Suber et l'écorce total et supérieur au double concernant le Xylème secondaire dans les sites de Garat El Taref et Ouazerne. Ce qui veut dire que ces tissus dans la racine sont plus épais que ceux de la tige.

Par contre on remarque que l'épaisseur du Phloème secondaire dans la racine est moins épais que celui de la tige dans les sites de O. El Arab et Ouazerne à l'inverse de ce dernier dans le site de Garat El Taref.

Tissus site	Sr/St	Ph2r/Ph2t	X2r/X2t	ETr/ETt
Garat El Taref	1,12	1,56	2,68	1,52
O. El Arab	1,02	0,93	1,14	1,29
Ouazerne	1,30	0,90	2,10	1,74

Tableau 37 : Les résultats des rapports entre les épaisseurs des tissus de la racine et de la tige de *Tamarix sp.* dans les trois sites

Légende : Sr : Suber racinaire, St : Suber de la tige, Ph2r : Phloème secondaire de la racine, Ph2t : Phloème secondaire de la tige, X2r : Xylème secondaire de la racine, X2t Xylème secondaire de la tige, ETr : Ecorce total de la racine, ETt : Ecorce total de la tige

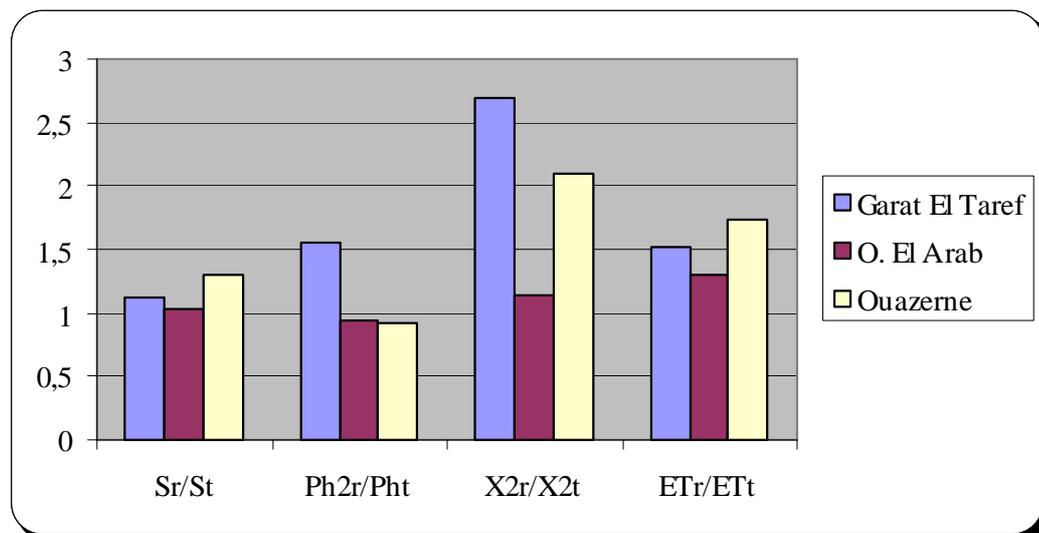


Figure 44 : Les résultats des rapports entre les épaisseurs des tissus de la racine et de la tige de *Tamarix sp.* dans les trois sites

D) La corrélation entre les tissus

Pour mieux comprendre le comportement histologique de genre *Tamarix* vis à vis des contraintes de l'environnement nous avons procédé au calcul de coefficient de corrélation entre les différents tissus mesurés, pour les rameaux et les racines dans les trois sites étudiés, comme il est

illustré dans les tableaux 36,37 et 38 pour les rameaux et les tableaux 38, 39 et 40 pour les racines.

D-1) la corrélation entre les tissus de rameaux

- La corrélation entre le suber et les autres tissus : on remarque que le suber est corrélé positivement avec le phloème secondaire et l'écorce total et négativement avec les xylèmes et la moelle c.a.d le suber ce développe dans le même sens avec le phloème et l'écorce et l'inverse avec les autres tissus ;
- La corrélation entre le phloème et les autres tissus : le phloème est corrélé positivement avec tous les tissus à l'exception du xylème secondaire dans le site de Garat El Taref et les deux xylèmes dans le site de Ouazerne ce qui veut dire que le *Tamarix*, peut être, qu'il développe une stratégie adaptative qui alterne le transport de la sève brute par le xylème et la sève élaborée par le phloème dans ces deux sites.

	suber	phloeme2	xyleme1	xyleme2	Ecorce total	moelle
suber	1	0,46	-0,51	-0,50	0,78	-0,53
phloeme2		1	0,25	-0,05	0,68	0,04
xyleme1			1	0,68	-0,37	0,82
xyleme2				1	-0,41	0,70
Ecorce total					1	-0,46
moelle						1

Tableau 38 : Coefficient de corrélation entre les tissus de rameau de *Tamarix sp.* dans le site de Garat El Taref

	suber	phloeme2	xyleme1	xyleme2	écorce	moelle
suber	1	0,20	-0,17	-0,27	0,33	-0,32
phloeme2		1	0,18	0,07	0,17	0,05
xyleme1			1	-0,20	0,45	0,92
xyleme2				1	-0,23	0,05
Ecorce total					1	0,51
moelle						1

Tableau 39 : Coefficient de corrélation entre les tissus de rameau de *Tamarix sp.* dans le site de Qued El Arab

	suber	phloeme2	xyleme1	xyleme2	écorce	moelle
suber	1	0,21	0,08	0,32	0,04	-0,23
phloeme2		1	-0,49	-0,06	0,13	0,04
xyleme1			1	0,43	-0,12	0,23
xyleme2				1	-0,01	0,52
Ecorce total					1	-0,10
moelle						1

Tableau 40: Coefficient de corrélation entre les tissus de rameau de *Tamarix sp* dans le site de Ouazerne

D-2) la corrélation entre les tissus de la racine

- La corrélation entre le Suber et les autres tissus : les résultats révèlent que le suber dans la racine est corrélé positivement avec le xyleme2 dans les sites de Oued El Arab et Garat El Taref et négativement dans le site de Ouazerne à l'inverse de ce qu'est dans la tige. On observe aussi que le suber est négativement corrélé avec le phloème dans les trois sites. D'autre part on remarque que le suber est corrélé négativement avec la moelle et l'écorce total dans le site de Garat El Taref et corrélé positivement dans les deux autres sites.
- La corrélation entre le phloème2 et les autres tissus : dans la racine, inversement à la tige, on remarque que le phloème est corrélé positivement avec le xylème et l'écorce dans les trois sites ce qui nous laisse l'impression que la partie aérienne et la partie racinaire chez le tamarix développent deux stratégies distinctes pour faire face aux différents stress abiotique
- La corrélation du xylème avec les autres tissus : on remarque le xylème est corrélé positivement avec l'écorce total dans les trois sites (on remarque aussi que la stratégie est inversement de ce qu'est le cas dans la tige) et aussi avec la moelle à l'exception dans les sites de Garat El Taref

	suber	phloeme2	xyleme2	Ecorce total	moelle
suber	1	-0,10	0,23	-0,60	-0,23
phloeme2		1	0,20	0,28	-0,45
xyleme2			1	-0,09	0,04
Ecorce total				1	0,55
moelle					1

Tableau 41 : Coefficient de corrélation entre les tissus de la racine de *Tamarix sp* dans le site de Garat El Taref

	suber	phloeme2	xyleme2	Ecorce total	moelle
suber	1	-0,04	0,42	0,13	0,27
phloeme2		1	0,37	0,01	0,01
xyleme2			1	0,14	0,45
Ecorce total				1	0,02
moelle					1

Tableau 42 : Coefficient de corrélation entre les tissus de la racine de *Tamarix sp* dans le site de Oued El Arab

	suber	phloeme2	xyleme2	Ecorce total	moelle
suber	1	-0,04	-0,39	0,14	0,40
phloeme2		1	0,57	0,38	0,23
xyleme2			1	0,40	0,38
Ecorce total				1	0,09
moelle					1

Tableau 43: Coefficient de corrélation entre les tissus de la racine de *Tamarix sp* dans le site de

Ouazerne

Conclusion

L'analyse attentive des résultats obtenus nous permet de conclure ce qui suit :

- En matière de la richesse floristique les groupements à *Tamarix* représentent une diversité importante qui varie entre 115 espèces réparties en 29 familles à Garat El Taref, 22 espèces appartenant à 10 familles dans le site de Oued El Arab et en fin 11 espèces réparties sur 7 familles dans le site de Ouazerne
- De point de vue morphologique le *Tamarix* représente une adaptation très importante dans ces biotopes stressants avec un recouvrement allant de 8.6m² à 24.8m², une hauteur variant entre 2.7m et 3.7m et un rapport racine/tige supérieur à 3, avec tous les autres caractères morphologiques qui lui permettent d'être l'espèce la plus favorable pour la colonisation de ces sites extrêmement sensibles à l'érosion qui s'ajoute aux problèmes de salinité et le manque d'eau.
- L'étude histologique révèle une adaptation que nous avons soulevé typiquement chez le *Tamarix* qui se base sur l'alternance d'activité entre les tissus entre la tige et la racine que nous avons exprimé par le coefficient de corrélation entre les différents tissus.

Conclusion générale et perspective

Dans notre étude nous avons essayé d'envisager le comportement écophysiological de genre *Tamarix* dans trois biotopes différents à travers les zones steppiques de la région de Khenchela, allant d'un biotope humide (chott) à un biotope purement désertique.

L'étude du milieu physique révèle que le genre *Tamarix* peut se développer dans des formations géologiques bien distinctes, où en passe d'une dépression caractérisée par la dominance des formations quaternaire (site de Garat El Taref), vers un terrain accidenté formant une région de transition entre deux zones distinctes du point de vue géologique et qui se caractérise par des formes d'érosion intense avec un relief bien érodé où les affleurement rocheux peuvent s'observés dans toute la zone (site d'Oued El Arab) et en fin on décent vers une zone d'accumulation des dépôts formant une zone d'épandage et des sédiments phanérozoïques (site d'Ouazerne).

L'analyse des données climatiques des trois stations météorologiques proches des sites d'étude nous montre que le genre de *Tamarix* est exposé à un climat extrêmement irrégulier ; en allant d'un étage bioclimatique semi aride à Hiver doux avec une lame d'eau qui variée entre 464mm et 394mm/an au Nord (les sites de Garat El Taref et Oued El Arab), vers un étage bioclimatique nettement désertique avec 124mm/an seulement au Sud (site de Ouazerne), avec une température maximale de 49,2°C et une température minimale de -2,4°C.

L'étude des principaux paramètres édaphiques nous a permet de constater que le genre *Tamarix*, dans les sites d'études, s'adaptes aux conditions édaphiques suivants :

- une texture variable ; sablo- limoneuse à argileuse avec dominance d'éléments sablonneux avec le taux le plus élevé puis les argiles en deuxième position.
- Le pH est basique qui tend à être très basique dans le site de Garat El Taraf, il est compris entre 7.87 et 8.55.
- La conductivité électrique est comprise entre 1.6 et 3.62mS./cm, ce qui indique un sol peu salé à Ouazerne et très salé à Garat El Taref.
- Des taux de calcaire total modérés à forts surtout dans le site de Garat El Taref se qui traduit la nature géologique des sites étudiés, il varie de 27.72 à 49.66 % et des taux de calcaire actif assez riche qui s'articule au tour de 8.5% à 17.5%.
- La matière organique est forte, de 3.27% à 4.64%

La recherche sur la biologie et l'écologie de genre *Tamarix* nous a permis de soulever les conclusions suivantes :

- un grand potentiel de multiplication soit par graines soit par bouturage ce qui lui permet de coloniser des différents milieux;
- un système racinaire très adapté aux conditions de stress hydrique et un système efficace pour résister au stress salin (glandes sécrétrices) ;
- le genre *Tamarix* se caractérise par un multi refoulement de branches basales se qui lui permet d'être plus efficace en matière de lutte contre le phénomène d'érosion ;
- le genre *Tamarix* à des différentes utilisations surtout en phytothérapie traditionnelle.

Du point de vue floristique le groupement à *Tamarix* représente une richesse en espèces plus importante variant entre 115 et 11 espèces, comme il révèle une morphologie très adaptée dans ces biotopes stressants avec un recouvrement allant de 8.6m² à 24.8m², une hauteur variant entre 2.7m et 3.7m et un rapport racine/tige supérieur à 3, avec tous les autres caractères morphologiques qui lui permettent d'être l'espèce la plus favorable pour la colonisation de ces sites extrêmement sensibles à l'érosion qui s'ajoute aux problèmes de salinité et le manque d'eau.

L'étude histologique révèle une adaptation que nous avons soulevée typiquement chez le *Tamarix* qui se base sur l'alternance d'activité entre les tissus entre la tige et la racine.

La tolérance et la résistance de genre *Tamarix* à ces milieux, nous poussent à lui porter une attention particulière, car elles peuvent constituer une origine de reconstitution du milieu dégradé.

La grande importance écologique de genre *Tamarix*, nous pousse à réaliser d'autres travaux pour prendre en compte les caractéristiques écophysiological et Biochimiques des espèces de ce genre ainsi que les effets des conditions environnementale sur leur structure et leur composition chimique.

Enfin, comme perspectives d'avenir nous proposons des études approfondies des espèces de genre *Tamarix* dans le cadre écophysiological et biotechnologique (intérêt pharmaceutique, extraction des huiles essentielles, détermination des génomes responsables de résistance de ce genre à différentes contraintes du milieu,) et de favoriser leur plantation dans les milieux sensibles à l'érosion et dans la fixation des berges des oueds surtout dans les régions de transition entre le Tel et le Sahara comme dans notre cas

BIBLIOGRAPHIE

I- References

1. **Aidoud A. 1997**, Fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. Conférences 3, Alger, 50 p.
2. **Anderson, C. L. Bremer, K., & Fris, E. M. 2005**, Dating phylogenetically basal eudicots using *rbcl* sequences and multiple fossil reference points, *American J. Bot.* 92: 1737-1748.
3. **Anderson, B.W. et R.D. Ohmart. 1979**. Riparian revegetation for mitigation and operational enhancement along the Lower Colorado River. Center for "Environmental Studies, Arizona State University. Tempe, AZ.
4. **Aliane A. et Medjrab A. 1981**, la température dans l'Est Algérien, mémoire de fin d'études d'ingénieur d'état, IST.Université de Constantine, 87p.
5. **Allred, K.W. 2002**, Identification and taxonomy of *Tamarix* (*Tamaricaceae*) in New Mexico, (USA) *Desert Plants* 18:26-32.
6. **Anonyme, 2008**, la carte topographique au 1/200000 de Khenchela, jumelage de cartes au 1/5000 de couvrant la Wilaya, édition 2008, Direction de l'hydraulique de la Wilaya de Khenchela, Algérie.
7. **Anonyme, 2006**, étude sur l'utilisation des phytocoenoses pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau et plans d'eau au sens de la directive cadre sur l'eau et réalisation de deux guides techniques « 1ère partie – méthodologie », agence de l'eau, France, 136p.
8. **Anonyme, 2004^a**, analyse de sols « laboratoire d'analyse », département persyst, cirad, France, 118p.
9. **Anonyme, 2004^b**, Atlas des zones humides Algériennes à importance internationale 4eme édition, DGF, 164p
10. **Anonyme, 2001**, Monographie de la Wilaya de Khenchela, Direction Générale du Budget DPAT de la Wilaya de Khenchela, 166p.
11. **Anonyme, 1973**, Carte géologique de l'Algérie « Garat El Taref » au 1/50000, SONATRACH, Division hydrocarbures, Direction exploration, Algérie
12. **Anonyme, 1960^a**, la carte topographique au 1/50000 de Ouazerne, feuille N°324, B-14, C-28, édition 1960, Institut de géographie, Paris.
13. **Anonyme, 1960^b**, la carte topographique au 1/50000 de Djehfa, feuille N°322, B-14, C-28, édition 1960, Institut de géographie, Paris.

14. Anonyme E. 1973, **Notice explicative de la carte géologique de la Wilaya de Khenchela au 1/50000, SONATRACH, Division hydrocarbures, Direction exploration, 13p**
15. **Aubert G. 1986**, Réflexions sur l'utilisation de certains types de banquettes de « Défense et Restauration des Sols » en Algérie ORSTOM, et. PKDOL., vol. 22, n° 2, 1986 : 147-151.
16. **Arlery R. 1973**, Climatologie méthode et pratique, Edition, Louis Jean, Paris, 432p.
17. **Baize D. 2000**, Guide des analyses en pédologie : choix, expression, présentation, interprétation. INRA. Paris. 625p.
18. Baker, H. G. 1972, Seed weight in relation to environment conditions in California, *ecol.* 53 (6), 997- 1010.
19. Barbero.M et Quezel P. 1982, Caractérisation bioclimatique des étages de végétation forestière sur le pourtour méditerranéen. Aspects méthodologiques posés par la zonation. *Coll. Int. Ecol. Haute altitude.* 24:191- 202.
20. Barbault, R. 1992, Ecologie des peuplements, structure, dynamique et évolution, Masson, Paris, 273 p.
21. Baum, B. R. 1967. Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada [*Tamaricaceae*]. *Baileya* 15:19-25
22. Benabadji N, Bouazza M., 2000 - Contribution à une étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso. Dans l'Oranie (Algérie occidentale). Science et changements planétaires / Sécheresse. Volume 11, Numéro 2, 117-123.
23. **Berkane. A. 2001**, la désertification dans les Aurès. Cas des piémonts sud et sud - ouest, Laboratoire de recherche LAPAPEZA, Université de Batna, 38p.
24. Berlyn. G.P et Micsche. J.P. 1976, Botanical microtechnique and cytochemistry, The Iowa state university, Press Ames Iowa. 450 p.
25. Bikbulatova. T.N. et Korul'kina. L.M. 2001. Composition of *Tamarix hokenakeri* and *Tamarix ramosissima*. *Chemistry of Natural Compounds* 37:216-218.
26. **Blanc. L. 1998**, Les formations forestières du Parc National de Cat Tien (Viêt-nam) : caractérisation structurale et floristique, étude de la regeneration naturelle et de la dynamique successionnelle, Thèse du doctorat, l'université Claude Bernard - Lyon 1, 207p.
27. **Bocar Ciré Ly, 1997**, potentiel, de *Tamarix senegalensis* a reboisé les sols salés du bas delta du fleuve Sénégal, Mémoire de grade de (M-Sc.), de l'Université Laval, Canada, 106p.
28. **Bon. M. 1991**, Les marais de la région de Rue (80). Excursion botanique du 17 juin

1990. Bull. Soc. Linn. Nord-Picardie, 186p.
29. **Bonneau M. et Souchier B, 1994**, constituants et propriétés du sol, deuxième édition, MASSON, Paris, 656p.
 30. **Bouazza. M. 2007**, Cours de botanique, 1^{er} année poste graduation, faculté des sciences de la nature et vie, département biologie-écologie, Université de Constantine, Algérie
 31. **Braun-Blanquet, J. 1932**, Plant sociology. The study of plant communities, McGraw-HILL Book Company, Inc., New York, p407.
 32. **Brotherson, J.D. and V. Winkel. 1986**. Habitat relationships of saltcedar (*Tamarix ramosissima*) in central Utah. Great Basin Nat. 46:535-541.
 33. **Brotherson, J.D. and D. Field. 1987**. *Tamarix*: impacts of a successful weed. Rangelands, New Mexico 3:110-112.
 34. **Busch, D.E. and S.D. Smith. 1993**. Effects of fire on water and salinity relationships of riparian woody taxa. Oecologia 94:186-194.
 35. **Busch, D. E., N. L. Ingraham, and S. D. Smith. 1992**. Water uptake in woody riparian phreatophytes of the southwestern United States: A stable isotope study. Ecological Applications 2:450-459.
 36. **Caiser, M. 1976**, Biosystematic study of the family of *Tamaricaceae* from Pakistan, thesis submitted for the requirement of degree of D Ph, department of botany, University of Karachi, Pakistan, 409p.
 37. **Campbell et al. 1975**, Chloride localization in the leaf of *Tamarix*. Protoplasma 83:1-14.
 38. **Capderou M. 1985**, Atlas solaire de l'Algérie « aspect énergétique » tome II, OPU, Alger, 512p.
 39. **Crins, W.J. 1989**, the *Tamaricaceae* in the Southeastern United States. J. Arboretum 70:403-425.
 40. **Curtis E. S, 2006**, Saltcedar (*Tamarix*) Physiology - a Primer Colorado State University Cooperative Extension.
 41. **Daget. Ph, 1968**, quelques remarques sur les distributions de fréquences dans les phytocénoses, Oecol.Plant., 312p.
 42. **Dajoz R. 1996**, Précis d'écologie 2^{ème} et 3^{ème} cycles universitaires. Edit Dunod. Paris, 551p.
 43. **Davenport, D. C., P. E. Martin, and R. M. Hagan. 1982**, Evapotranspiration from riparian vegetation: Water relations and irrecoverable losses for saltcedar. J. Soil Water Conserv. 37:233-236.

44. **Decoq, G. 1997**, Contribution phytosociologique de l'actuelle *Theoracia sylva* (Thiérache, Aisne, France). Essai d'analyse systémique des phénomènes phytodynamiques. Thèse d'Etat, Université de Lille 2, 442 p.
45. **De Foucault, B. 1986**, Petit manuel d'initiation à la phytosociologie sigmatiste. Mém. Soc. Linn. N. France, Amiens, 51p.
46. **Demelon A. 1986**, Croissance des végétaux cultivés. Tome 2. 6^{ème}, Dunod, 546p.
47. **Dekhinat. S. 2005**, étude des potentialités morpho-pedogenetiques des sols aurassiens, Laboratoire de recherche LAPAPEZA, Université de Batna, 60p.
48. **Delpesch, R. 2006**, Méthodes pratiques de la phytosociologie, Masson, Paris 320p.
49. **Depoërs, P. 2002**, La phytothérapie entre science et tradition, éditions Amarys et Inspir, Bruxelles, Belgique, 615p.
50. **DiTomaso J. M. 1996**, Identification, Biology and Ecology of Saltcedar, Saltcedar Management Workshop, Cooperative Extension Non-Crop Weed Ecologist University of California, Davis, CA.
51. **Djebaili S. 1978**, Recherche phytosociologiques et écologique sur la végétation des hauts plaines steppiques et de l'Atlas Saharien. Thèse Doc. Univ. Sci et Tech . Languedoc Montpellier. 229p+ Annexes.
52. **Djebaili. S. 1984**, steppe algérienne, phytosociologie et écologie, OPU, Alger, 177p.
53. **Droesbeke J. J. 1988**, éléments de statistiques, OPU, Alger, 100p.
54. **Duchaufour P. 2001**, introduction à la science du sol, 6^{ème} édition, Dunod, Paris, 331p.
55. **Duchaufour. Ph. 1984**, Pédologie, Edition Masson, Paris. 220p.
56. **Duncan, K.W. et al, 1993**, Evaluation of saltcedar control – Pecos River, New Mexico. General Technical Report RM/226. pp 207-210. Rocky Mountain Forest & Range Experiment Station, USDA Forest Service, Fort Collins, CO.
57. **El Rahffari L. et Zaid A. 2004**, Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (tafilalet), labo. De valorisation des plantes médicinales des zones arides et semi arides, faculté de Sci. et Tec. Errachidia, Maroc.
58. **Emsalem. R. 1989**, Climatologie générale, tome I, édition ENL, Alger, 487p.
59. **Escourrou. G. 1981**, climat et environnement « les facteurs locaux, collection géographie, Masson, Paris, 167p.
60. **Fahn, A. 1988**. Tansley Review No. 14. Secretory tissues in vascular plants. *New Phytol* 108:229-257.

61. **Fournier F. 1967**, La recherche en érosion et conservation des sols dans le continent africain. Sols Africains, London, XII, 1 : 5-51.
62. **Gaume. E. 2002**, Hydrologie de versants et de bassins versants et modélisation pluie-débit, Edition, Ecole nationale des ponts et chaussées, France, 71 p.
63. **Ghachi. A., 1982**, Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie, Edition, Office des publications universitaires. Alger, 330 p.
64. **Ghermaoui. M. 2006**, Contribution a une étude écologique du genre *Rhamnus* dans la région de Tlemcen (Oranie- Algérie), Mémoire de fin d'étude, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 153p.
65. **Gillet, F. 2000**, La phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique, Université de Neuchâtel, 68p.
66. **Gillet, F. et al, 1991**. La phytosociologie synusiale intégrée : objets et concepts. Candollea 46 : 315-340.
67. **Gounot M. 1969**, Méthodes d'études qualitatives de la végétation. Edition Masson. Paris, 314p.
68. **Hadeid M. 2006**, Les mutations spatiales et sociales d'un espace à caractère steppique, le cas des Hautes Plaines sud-oranaises (Algérie), Thèse de Doctorat d'Etat en Géographie, Université d'Oran Es-Sénia, 506 p.
69. **Halimi. A. 1981**, L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, 623p.
70. **Hamida M. 2004**, Capacité de rétention et bilan hydrique des sols des zones semi aride de la wilaya de Batna, Mémoire de Magister Dép. Hydraulique, Université de Batna, 83p.
71. **Horton, J. S. et al, 1960**, Seed germination and seedling establishment of phreatophyte species. Station Paper No. 48. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 26 p. [4495]
72. **Horton, J. S. 1977**, The development and perpetuation of the permanent *Tamarix* type in the phreatophyte zone of the Southwest. In: Johnson, R. Roy; Jones, Dale A., tech. coords. Importance, preservation and management of riparian habitat: a symposium: Proceedings; 1977 July 9; Tucson, AZ. General Technical Report RM-43. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 124-127.
73. **Hould R. 1982**, Histologie descriptive et éléments d'Histologie. Edit Montréal Maloine. Editeur Paris. 303p.
74. **Johnson, R. 1999**, Tamarisk control in southwestern United States: Proceedings; Tucson, AZ. Special Report No. 9. Tucson, AZ: National Park Service, Cooperative National Park Resources Studies Unit, School of Renewable Natural Resources: 116-125. [11357].
75. **Jessop J.P. et Toelken H.R. 1986**, Flora of South Australia.

76. **Jose G. Franco, JR., B.S. 2007**, management of saltcedar regrowth with carpet-roller applied herbicide, New Mexico State University Las Cruces, New Mexico
77. **Joseph M. DiTomaso, 1996**, Identification, Biology and Ecology of Saltcedar Cooperative Extension Non-Crop Weed Ecologist, University of California, Davis, CA
78. **Khabtane. A. H. 1996**, étude climatique et bioclimatique de l'extrême Nord-Est Algérien de Skikda au frontières Algero-tunisiennes, Mémoire d'ingénieur en écologie, Université de Constantine, 115 p.
79. **Kennedy, T.A. and S.E.Hobbie. 2004**. Saltcedar (*Tamarix ramosissima*) invasion alters organic matter dynamics in a desert stream. *Freshw. Biol.* 49:65-76.
80. **Khiari I, 2005**, analyse des eaux polluées de surfaces souterraines et leur effet sur le sol (région de Ain Mimoun, Khenchela), mémoire de fin d'étude, Université de Batna, Algérie, 103p.
81. **Kerpez, T.A. and Smith N. S.. 1987**. Saltcedar control for wildlife habitat improvement in the southwestern United States. USDI Fish and Wildlife Service. Publ. N°169. 16 p.
82. **Knutson, A. M. et al. 2003**, Insects associated with saltcedar, Baccharis and willow in west Texas and their value as food for insectivorous birds: Preliminary results. Pages 41-50 in Proc. Salt cedar and Water Resources in the West Conf., San Angelo, TX.
83. **Ladlani. I, 2007**, Contribution à la gestion optimale de la ressource en eau mobilisée «choix de formule empirique pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle "ETP" dans les régions de Tébessa et Annaba» thèse du magister, l'université de Batna
84. **Lazreg H., 2003** - Caractérisations Eco floristique du genre de *Phillyrea* dans la région de Ghazaouet (Tlemcen). Mém. Ing. Eco. Vég. Univ. Abou Bakr Belkaid Tlemcen. 201p.
85. **Magallón, S. A. et al. 1999**, Phylogenetic pattern, diversity, and diversification of eudicots, *Ann. Missouri Bot. Gard.* 86: 297-372.
86. **Maignien. R. 1969**, Manuel de prospection pédologique, Série ORSTOM, 11^{ème} édition, 132p.
87. **Maizi. T. 1999**, Etude statistique de la pluviométrie du bassin versant de Garat El Taref, Direction de l'hydraulique d'Oum El Bouaghi, 26p.
88. **McDaniel. K. C. 2007**, Salt cedar Information, Department of animal range and sciences, New Mexico state University. 44p.
89. **Messaoui. S et Bersouli C. 2004**, cartographie de la végétation et écologie d'avifaune aquatique de chott Tinslit, Mémoire de fin d'étude, écologie et environnement, Université de Batna, 166p

90. **Merabet H. 2003**, Dictionnaire de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Edition RERTT. Paris, 119p.
91. **Meriaux, J.-L., 1982**, Inventaire et distribution des espèces des genres *Callitriche*, *Elodea* et *Ranunculus* (sous-genre *Batrachium*) dans le nord de la France. *Studies on Aquatic Vascular Plants*, 312p.
92. **Musy A., 2001**, Hydrologie générale, Edition, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 330p.
93. **Nelroy E. Jackson, 1996**, Chemical Control of Saltcedar (*Tamarix ramosissima*), Saltcedar Management Workshop, The Agricultural Group, Monsanto Company
94. Ounissi. Y et Zemmochi. N. H. 2004, **cartographie de la végétation de Garat Temrguanine, Mémoire de fin d'étude, écologie et environnement, Université d'Oum El Bouaghi, 142p.**
95. **Ozenda, P. 1991**, Flore et végétation du Sahara, 3eme édition, CNRS éditions, Paris, 660p.
96. **Quezel P. et Santa S. 1962**, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales. CNRS.T. I.565p.
97. **Philippe A. 2007**, La gemmothérapie « médecine des bourgeons, douce alternative » éditions Amyris, Belgique, 208p.
98. **Pontoppidan, A. 2004**, Le tamaris et l'olivier de Bohême, Arles (Bouches-du-Rhône) : Actes Sud, France, 582p.
99. **Quezel P. 1964**.Contribution à L'étude de L'endémisme chez les phanérogames Saharien, pp, 89- 100.
100. **Quezel P. et Santa S. 1962**, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertique et méridionales. CNRS.T. II.1170p.
101. **Rahmoune, C., Maâlem S. et Bennaceur M. 2001**, Effets comparés de la fertilisation phosphatée sur l'*Atriplex* cultivé en zone semi-aride du Nord-Est algérien.
102. **Ramade. F. 2002**, Dictionnaire encyclopédique de l'Ecologie et des Sciences de l'Environnement, 2ème édition, Dunod, Paris, 1075 p.
103. **Ramade. F. 1984**, élément d'écologie, 3^{ème} édition, Masson, Paris, 432p.
104. **Rey J. 1977**, Relation entre deux paramètres phyto-écologiques (phytomasse, indice foliaire) et les formations recueillées par point quadrat dans les deux formations herbacées méditerranéennes. Mémoire. D.E.A U.S.T.I., Montpellier, 230 p.
105. **Rouahna. H. 2007**, relation entre les nappes et la salinité dans les sols gypseux de la région de ain ben noui. Biskra, thèse de Magister, université de Batna, 174p.

106. **Saïdana. D. et al, 2006**, Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* (*Tamaricaceae*), Laboratory of Conservation and Valorization of Plant Resource, School of Horticulture and Animal Production. Chott Mariem, 4042 Sousse, Tunisia.
107. **Schwendiman. J. 1989**, Manuel pratique de l'histologie végétale, CIRAD, 350 P
108. **Silvie. M. et al, 2004**, Botanique"biologie et physiologie végétale, Maloine, Paris, 775p.
109. **Stevens, L. E. 1989**, The status of ecological research on tamarisk (*Tamaricaceae*: *Tamarix ramosissima*) in Arizona. In: Kunzmann, Michael R.; Johnson, R. Roy; Bennett, Peter, technical coordinators. Tamarisk control in southwestern United States: Proceedings; 1987 September 2-3; Tucson, AZ. Special Report No. 9. Tucson, AZ: National Park Service, Cooperative National Park Resources Studies Unit, School of Renewable Natural Resources: 99-105. [11356].
110. **Taylor, John P.; McDaniel, Kirk C. 1998**, Restoration of saltcedar (*Tamarix sp.*)-infested floodplains on the Bosque del Apache National Wildlife Refuge. Weed Technology. 12(2): 345-352. [29776].
111. **Viera, J. 1979**, Introduction à la théorie écologique. Édition Masson. Paris, 112p.
112. **Waisel, Y, Eshel, A., and Kafkafi, U. 1996**. Plant Roots: the hidden half. Marcel Dekker, Inc. New York, pp.
113. **Waisel, Y. 1972**, biology of halophytes, academic press, New York, London.
114. **Wilgus, F. and K. L. Hamilton. 1962**. Germination of saltcedar seed. Weeds pp:332-333.
115. **Wihelm N. 1998**, botanique générale, traduction de la 10^{ème} édition allemande, 382 p.
116. **Wilken, D. H. 1993**. *Tamaricaceae*. P. 1080 in J. C. Hickman (ed). The Jepson Manual. Univ. California Press. Berkeley.
117. **Wilkinson, R.E. 1966**. Seasonal development of anatomical structures of saltcedar foliage. Bot. Gaz. Pp,231-234.
118. **Young W. et al, 2004**, Stopover ecology of landbirds migrating along the Middle Rio Grande in spring and fall. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-99. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 52 p
119. **Yongo, O. D. 2002**, Contribution aux études floristique, phytogéographique et phytosociologique de la forêt de Ngotto (République Centrafricaine). Thèse de doctorat. Université de Lille et ULB. Labo. Bot. Syst. & Phyt. 346 p
120. **Zouhar, Kris 2003**. *Tamarix sp.* In: Fire Effects Information System, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer) USA.

2- Les sites Web

1- www.Histologie\ANATOMIE VEGETALE\Tissus végétaux.htm

2- www.Caryophyllales repartition et caladogramme.htm

3- www.mobot.org/.../APweb/orders/studenttwo.html

4- www.mobot.org/.../trees/caryophyllalesnotl.gif

5- www.fs.fed.us/database/feis

6- www.borealforest.org/world/world_overview.htm

7- www.pnr-rpn.ec.gc.ca/

8- www.Electronic flora of Egyptian Western Desert.htm

9- www.Fact sheet for Tamarix aphylla.htm

10- www.fao.org/wairdocs/ilri/x5543b/x5543b0c.htm

11- www.fao.org/wairdocs/ilri/x5543b/x5543b1d.gif

12- [www.Heavy Metal Accumulation by the Halophyte Species Mediterranean Saltbush- Lutts et al 33 \(4\) 1271 -- Journal of Environmental Quality](http://www.Heavy Metal Accumulation by the Halophyte Species Mediterranean Saltbush- Lutts et al 33 (4) 1271 -- Journal of Environmental Quality)

13- www.Hybrid Tamarix widespread in U S invasion and undetected in native Asian range.htm

14- [www.Hybrid Tamarix widespread in U S invasion and undetected in native Asian range -- Gaskin and Schaal 99 \(17\) 11256 -- Proceedings of the National Academy of Sciences.htm](http://www.Hybrid Tamarix widespread in U S invasion and undetected in native Asian range -- Gaskin and Schaal 99 (17) 11256 -- Proceedings of the National Academy of Sciences.htm)

15- www.Image Gallery Results USDA PLANTS.htm

16- www.http://www.upproject.org/publications/pdfs/tab_appd.pdf.

17- www.Invasive_org - Search Results.htm

18- www.Issg Database Ecology of Tamarix ramosissima.htm

19- www.La végétation et la faune - Les zones humides - La Tour du Valat - Accueil - Tour du valat.htm

20- www.fr.wikipedia.org/wiki/Halophyte

21- [www.PLANTS Profile for Tamarix \(tamarisk\) USDA PLANTS.htm](http://www.PLANTS Profile for Tamarix (tamarisk) USDA PLANTS.htm)

22- www.Texas Invasives - Tamarix aphylla.htm

- 23- [www.TheWilhelmineE Key 2002 Invitational Lecture Phylogeography, Haplotype Trees, and Invasive Plant Species -- Schaal et al 94 \(3\) 197 -- Journal of Heredity.htm](http://www.TheWilhelmineEKey2002InvitationalLecturePhylogeography,HaplotypeTrees,andInvasivePlantSpecies--Schaaletal94(3)197--JournalofHeredity.htm)
- 24- www.txspace.tamu.edu/bitstream/1969.1/473/1/etd-tamu-2003C-RLEM-Schmidt-1.pdf.
- 25- www.werc.usgs.gov/hq/pdfs/bozeman1.pdf
- 26- www.microscopy-uk.org.uk/mag/artdec03/wdonion2.html
- 27- www2.ac-lyon.fr/enseigne/biologie/ress/biologie_vegetale/cou_veg.html
- 28- www.ualr.edu/~botany/celltiss_lab.html
- 29- www.zoo.utoronto.ca/able/volumes/vol-19/09-yeung/09-yeung.htm
- 30- www.mhhe.com/biosci/pae/botany/histology/html/ptmodov.htm
- 31- [www.Vesicle-Mediated Solute Transport between the Vacuole and the Plasma Membrane -- Echeverría 123 \(4\) 1217 -- PLANT PHYSIOLOGY.htm](http://www.Vesicle-MediatedSoluteTransportbetweentheVacuoleandthePlasmaMembrane--Echeverría123(4)1217--PLANTPHYSIOLOGY.htm)
- 32- [www.W3TROPICOS SPECIES LIST.htm](http://www.W3TROPICOSSPECIESLIST.htm)
- 33- [www.Weeds of Barnes County.htm](http://www.WeedsOfBarnesCounty.htm)
- 34- [www.botanique_org Tamarix.htm](http://www.botanique_org_Tamarix.htm)
- 35- [www.Le Monde des Végétaux - Les Tissus.htm](http://www.LeMondeDesVégétaux-LesTissus.htm)
- 36- [www.Gui \(Viscum album\) coupes de tige, histologie, Ch Aubert.mht](http://www.Gui(Viscumalbum)coupesdetige,histologie,ChAubert.mht)
- 37- [www.Inforets - Histologie - L'étude des tissus végétaux.mht](http://www.Inforets-Histologie-L'étudedestissusvégétaux.mht)