



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie et Ecologie

N° ORDRE.....
N° SERIE.....

THESE

En vue de l'obtention du Diplôme de :
DOCTEUR EN SCIENCES
Filière: Biologie-écologie végétale
Option : Ecophysiologie et Biotechnologie Végétale

Présenté par: Mr KHABTANE Abdelhamid

THEME

*contribution a l'étude des caractères
morphologiques, physiologiques et des
marqueurs moléculaires pour l'évaluation du
polymorphisme phénotypique et génétique des
espèces du genre Tamarix dans différents
écotopes de la zone steppique de
KHENCHELA (EST ALGERIEN)*

Devant le Jury

Président : Mr. ALATOU Djemel, Prof. Université des Frères Mentouri Constantine

Rapporteur : Mr RAHMOUNE Chaabane, Prof. Université des Frères Mentouri Constantine

Examineurs: -Mr. BENDERRADJI Mohamed El Habib, Prof. Université des Frères Mentouri Constantine

-Mr. BOUAZZA Mohamed, Prof. Université Aboubekr Belkaid, Telemcen

- Mr. BRINIS Louhichi, Prof. Université Badji Moukhtar, Annaba

- Mr. CHORFI Abdelmelek, Prof. Université El Hadj Lakhder, Batna

Année 2014/2015

LISTE DES CARTES	
LISTE DES TABLEAUX	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES PHOTOS	
DEDICACE	
REMERCIEMENTS	
RESUME	

CONTENU	PAGE
----------------	-------------

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

PREMIERE PARTIE : ETUDE DU MILIEU

**CHAPITRE I : PRESENTATION DU MILIEU PHYSIQUE DE LA REGION
D'ETUDE**

I.1. Présentation générale de la région de Khenchela	06
I-1-1. Situation géographique.....	06
I.1. 2. Le relief	08
I.1.2.1 L'altitude.....	10
I.1.2.2. La pente	13
I.1.3. Géologie- lithologie.....	15
I.1.3.1. Esquisse géologique.....	15
I.1.3.1. 1. Description stratigraphique.....	15
A)- Le quaternaire.....	15
B)- Le tertiaire post-miocène.....	17
I.1.3.2. Aperçu lithologique.....	17
I.1.4. Aperçu pédologique sur les principaux sols de la région.....	20
I.1.5. Hydrologie	22
I-2.Choix des sites d'étude	23
I-2. Présentation des sites d'étude.....	25
I-2.1. Site N°01 : Garat El Taref.....	25
A. Coordonnées géographiques.....	25
B. Situation géographique.....	25
I-2.2. Site N° 02: Oued El Arab.....	26
A. Les coordonnées géographiques	26
B. Situation géographique.....	27
I-2.3 Site N°03 : Ouazarne.....	29
A. Coordonnées géographiques.....	29
B. Situation géographique.....	29
I.3. Caractérisation pédologique stationnaire des sites d'étude.....	31
I.3. 1. Les paramètres physiques	31
I.3. 2. Les paramètres chimiques.....	31
I-4. Conclusion.....	32

CHAPITRE II : ETUDE CLIMATIQUE

Introduction.....	34
II. 1. Choix des stations météorologiques.....	34
II.2. Analyses des paramètres climatiques	35
II.2.1 Les précipitations	35

II-2-1.1 Corrections des précipitations.....	35
II. 2-1-1.1 Principe de la méthode des rapports.....	35
II.2.1.2. Le régime interannuel des précipitations (variation interannuelle)	36
A) à la station d'El Hamma.....	36
B) à la station de Babar.....	37
C) à la station de Biskra.....	37
II.2.1.3. Le régime saisonnier	38
A) à la station d'El Hamma.....	39
B) à la station de Babar.....	39
C) à la station de Biskra.....	40
II.2.1.4. Variation et régime des précipitations mensuelles.....	40
II.2.1.4.1. Variabilité des précipitations mensuelles dans le temps.....	40
II.2.1.4.2. Variabilité des précipitations dans l'espace	41
II.2.2. Les températures.....	42
Introduction.....	42
II.2.2.1 Les températures minimales absolues.....	42
II.2.2.2. Les températures maximales absolues:	43
II.2.2.3. Les températures moyennes minimales mensuelles.....	44
II.2.2.4. Les températures moyennes maximales mensuelles.....	45
II.2.2.5. les températures moyennes mensuelles.....	46
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.....	49
II.4. Autres paramètres	51
II.4. 1. L'évapotranspiration potentielle (ETP).....	51
II.4. 2. L'humidité relative.....	52
II.4. 3. les vents.....	54
II.4. 4. durée d'insolation.....	54
II.5.conclusion.....	55

DEUXIEME PARTIE: BIOLOGIE, MORPHOLOGIE ET ECOLOGIE DU *TAMARIX*

CHAPITRE III : BIOLOGIQUE ET ECOLOGIQUE DU GENRE *TAMARIX*

Introduction.....	58
III.1. Caractères généraux de la famille <i>Tamaricacée</i>	58
III.2. Description du genre <i>Tamarix</i>	62
III.2.1. Historique.....	62
III.2.2. Synonyme	62
III.2.3. Taxonomie du genre <i>Tamarix</i>	62
III.2.3.1. Selon la classification phylogénétique (l'APG)	62
III.2.3.2 Selon la classification classique.....	64
III.2.4. Aire de répartition du genre <i>Tamarix</i>	64
III.3 Les caractères botaniques et la biologie du genre <i>Tamarix</i>	65
III.3. 1. Les caractères botaniques	65
III.3. 1. 1. La forme générale	65
III.3. 1. 2. Les rameaux	66
III.3. 1. 3. Les feuilles.....	67
III.3. 1. 4. Les glandes sécrétantes des sels.....	68

III.3. 1. 5. L'inflorescence.....	70
III.3. 1. 6. Les fleurs.....	70
III.3. 1. 7. Les graines.....	73
III.3. 1. 8. Le système racinaire.....	74
III.3. 1. 8.1. La couronne du système racinaire.....	76
III.3. 2. Les caractères biologiques.....	77
III.3. 2. 1. La multiplication.....	77
III.3. 2. 1.1. La multiplication par les graines.....	77
III.3. 2. 1.2. La multiplication par voix végétative.....	78
III.3. 2. 2. Rythme de croissance.....	79
III.3. 2. 3. Longévité du genre <i>Tamarix</i>	79
III.4. L'écologie du genre <i>Tamarix</i>	79
III.4. 1. L'habitat.....	79
III.4. 2. Le sol.....	80
III.4. 3. La salinité.....	80
III.4. 4. Le pH.....	80
III.4. 5. Acquisition de l'eau.....	80
III.4. 6. Résistance au feu.....	81
III.4. 7. Le rôle hydrologique et sédimentaire.....	82
III.5. Les utilisations du genre <i>Tamarix</i>	83
III.5. 1. Comme aliment au bétail (palatabilité).....	83
III.5. 2. Comme plante importante en apiculture.....	83
III.5. 3. Comme plante médicinale.....	83
III.6. La phytosociologie de des groupements à <i>Tamarix</i> (Cas de <i>Tamarix africana</i> Poire.).....	86
III.6.1. Détermination des espèces.....	86
III.6.2. Présentation des résultats.....	86
A) Le site de Garat El Taref.....	86
C) le Site d'Oued El Arab.....	87
C) le Site d'Ouazerne.....	88
III.6.3. Interprétation des résultats.....	89
III.7. L'étude de la variabilité morphologique.....	89
III.7.1. définition.....	89
III.7.2. Méthodologie.....	89
III.7.3. Présentation des résultats.....	90
A) Garat El Taref.....	90
B) le site de Oued El Arab.....	91
C) le site d'Ouazerne.....	92
III.2.3.2. Interprétation des résultats.....	92
III.8. Conclusion.....	94

CHAPITRE IV : EXEMPLE SUR LA RESISTANCE DU GENRE TAMARIX AU STRESS SALIN

Introduction.....	96
IV-1. Matériels et protocole expérimentale.....	96
IV-1. 1. Matériel végétal.....	96
IV-1. 2. Les solutions d'irrigations :.....	96
IV-1. 3. Paramètre morphologique :.....	97
IV-1. 3. 1. Mesure de la longueur de la partie aérienne et de la partie souterraine.....	97

IV-1. 4. Paramètres physiologiques.....	97
IV-1. 4. 1. Dosage de la proline.....	97
IV-1. 5. Dosage de des paramètres biochimiques :	98
IV-1. 5. 1. Dosage de l'ADN.....	98
IV-1. 5. 2. Dosage de l'ARN.....	98
IV-2. Analyse statistique.....	99
IV-3. Résultats et discussion.....	99
IV-3. 1. Paramètres morphologiques :	99
A)- Longueur de la partie aérienne	99
B)- Longueur de la partie souterraine	100
IV-3. 2. Paramètres physiologiques.....	101
IV-3. 2. 1. La teneur en proline	101
A)- La teneur en proline dans les feuilles.....	101
B)- La teneur en proline dans les racines.....	102
IV-3. 3. Les paramètres biochimiques.....	103
IV-3. 3. IV-3. 3. 1. La teneur en ADN	103
A)- La teneur en ADN dans la partie aérienne.....	103
B)- La teneur en ADN dans la partie racinaire.....	103
IV-3. 3. 2. La teneur en ARN.....	104
A)- La teneur en ARN la partie aérienne.....	104
B)- La teneur en ARN dan la partie racinaire.....	104
IV-4. Conclusion	105

TROISIEME PARTIE : ETUDE DE LA VARIABILITE BIOCHIMIQUE CHEZ *TAMARIX* sp

CHAPITRE V : ETUDE DE LA VARIABILITE DES METABOLITES PRIMAIRES

Introduction	108
V.1. Les principaux métabolites primaires étudiés	108
V.1.1. Glucides	108
V.1.1.1. Accumulation des sucres solubles sous stress	109
V.1.2. La chlorophylle.....	109
V.1.2.1. Structure chimique et biosynthèse	110
V.1.2.2. Spectre d'absorption	111
V.1.3. La proline.....	111
V.1.3. 1. Métabolisme de la proline.....	112
V.1.3. 2. Accumulation de la proline sous stress	113
V. 2. Matériel et méthodes	113
V.2.1. Matériel végétal.....	113
V.2.2. Le protocole expérimental.....	113
V. 2. 2. 1. Paramètres physiologiques.....	113
V. 2. 2. 1.1. Dosage de la chlorophylle totale.....	113
V. 2. 2. 1.2. Dosage des sucres solubles.....	114
V.2. 2. 1.3. Dosage de la proline.....	114
V.2. 2. 1.3. Dosage des protéines totales:	115
V.2.3. Paramètres biochimiques.....	116
V.2.3. 1. Dosage des acides nucléiques	116
V.2.3. 1. 1. Dosage de l'ADN.....	116
V.2.3. 1. 2. Dosage de l'ARN.....	116

V.2.4. Traitement et analyse statistique.....	117
V.3. Résultats et discussion.....	117
V.3. 1. Variation de la teneur en chlorophylle (a+b)	117
V.3. 2. Variation de la teneur en sucres solubles totaux.....	119
V.3. 3. Variation de la teneur en proline	120
V.3. 4. Variation de la teneur en protéines totales	121
V.3.4. Variation de la teneur en teneur en ADN	121
V.3. 5. Variation de la teneur en ARN	122
V. 4. Conclusion	123

CHAPITRE VI : ETUDE DE LA VARIABILITE DES METABOLITES SECONDAIRES ET LEUR EFFET BACTERICIDE

Introduction.....	125
VI-1. Les Métabolites secondaires.....	125
VI-1. 2La fonction des métabolites secondaires.....	125
VI-1. 3. Classification des métabolites secondaires	126
VI-1. 3-1-Les terpénoïdes	126
VI-1. 3-2-Les stérols	126
VI-1. 3-3-Stéroïdes	126
VI-1. 3-4- Les saponines	127
VI-1. 3-5- Les alcaloïdes.....	127
VI-1. 5-1-Définition des alcaloïdes.....	127
VI-1. 3-5-2. Classification des alcaloïdes.....	127
VI.1. 3-6-Composés phénoliques.....	127
VI.1. 3-6-1-Définition.....	127
VI.1. 3-6-2-Les classes des poly phénols.....	129
A- Les composés non flavonoïdes	129
A-1. Les acides phénoliques.....	129
A.2. Les stilbènes.....	129
A.3. Les lignanes et les lignines	129
A.4. Les coumarines.....	130
B- Les flavonoïdes.....	130
B.1. Les flavonones et les flavonols.....	131
B.2. Les isoflavones	131
B.3. Les tanins.....	133
B.4. Les anthrocyanidines	133
B.5. Chalcones et dérivés.....	133
B.6. Aurones et dérivés	134
VI.1. 6-3-Rôle et intérêt des composés phénoliques	134
VI.1. 6-3-1. Chez les végétaux	134
VI.1. 6-3-2- Chez les humains.....	134
VI.1. 6-3-3-Dans la régénération des sols pollués	135
VI.1-6-4- la présence des flavonoïdes dans les aliments.....	135
VI-6-5- Mécanisme d'effet antimicrobien des poly phénols	137
VI-2. Détermination de la variabilité de la teneur en métabolites secondaires et leur effet bactéricide.....	138
VI.2.1. Matériels et méthodes.....	138
VI.2. 1.1. Le matériel végétal.....	138
VI.2 1.1. 2. préparation des échantillons	138

VI.2. 1.2. L'extraction des flavonoïdes	138
VI.2. 1.2.1. Protocole d'extraction.....	138
VI.2. 1.2.2. Détermination du rendement.....	139
VI.2.1.2.3. - Détermination quantitative des poly phénols.....	140
VI.2.1.2.4- Détermination quantitative des flavonoïdes.....	140
VI.2.2. Détermination qualitative des flavonoïdes par chromatographie sur couche mince 'CCM'	141
VI.2.3. Evaluation de l'activité antibactérienne.....	141
VI.2.3.1. Les souches bactériennes	141
VI.2.3.2. Milieux de culture	142
VI.2.3.2. 1-Préparation de l'inoculum bactérien	142
VI.2.3.2. 2-Méthode de diffusion en milieu gélosé	142
VI.2.3.2. 3- Expression des résultats	143
VI.2.4. Etude statistique.....	143
VI.3. Résultats et discussion.....	143
VI.3. 1. Rendement en extrait sec.....	143
VI-3. 2. Détermination quantitative des poly phénols Totaux et en flavonoïdes.....	144
VI-3. 2.1. Détermination quantitative des poly phénols Totaux.....	144
VI-3. 2.2. Détermination quantitative des flavonoïdes.....	145
VI- 4. Résultat de la chromatographie sur couche mince des extraits brut méthanolique.....	145
VI- 5. Résultat de l'activité antimicrobienne testée par la méthode des disques.....	148
VI.6. Conclusion.....	151

QUATRIEME PARTIE : ETUDE DE POLYMORPHISME GENETIQUE CHEZ LE *TAMARIX* sp PAR LA TECHNIQUE PCR-SSR

CHAPITRE VII : TECHNIQUES ET TYPES DES MARQUEURS MOLECULAIRES

Introduction.....	154
VII.1. Définition des marqueurs moléculaires	154
VII.1.2. Critère d'un bon marqueur moléculaire	154
VII.3. La qualité des marqueurs moléculaires	155
VII.4. Les principaux types de marqueurs moléculaires	155
VII.4. 1. La technique RFLP.....	155
VII.4. 2- Les marqueurs RFLP.....	156
VII.4. 3. Les marqueurs RAPD.....	156
VII.4. 4. Les marqueurs AFLP.....	157
VII.4. 5. Les marqueurs SNP.....	158
VII.4.6. les marqueurs de type SSR	158
VII.4.6. 1. Définition	158
VII.4.6.2. La structure des microsatellites	159
VII.4.6.3. Quelques dates concernant l'historique des microsatellites	159
VII.4.6.4. Cycle de vie d'un microsatellite	159
VII.4.6.5. Les différentes classes des microsatellites	160
VII.4.6.6. Les différents types de microsatellites	160
VII.4.6.7. Caractéristiques générales des SSR.....	161
VII.4.6.8. Identification des régions des SSR.....	162

VII.4.6.8.1. Le cas où les séquences sont disponibles dans les bases des données	162
VII.4.6.8.2. Le cas où il n'y a aucune séquence disponible de l'ADN dans les bases de données	162
VII.4.6.9. Les mécanismes de mutation des microsatellites	162
VII.4.6.9. 1. La fidélité de la réplication des microsatellites	162
VII.4.6.9. 2. L'instabilité des microsatellites	163
VII.4.6.9.2.1. Les facteurs qui influencent l'instabilité des microsatellites.....	164
VII.4.6.10. Applications des microsatellites	165
VII.7. Etudes phylogénétiques	165
VII.7. 1. Définition de l'arbre phylogénétique	165
VII.7.2. Les composants de l'arbre phylogénétique.....	166

CHAPITRE VIII. DETERMINATION DU POLYMORPHISME GENETIQUE CHEZ *TAMARIX* sp PAR LA TECHNIQUE SSR-PCR

Introduction.....	168
VIII.1. Matériel et Méthodes	168
VIII.1. 1. Matériel végétal et site d'essai.....	168
VIII.1.2. Extraction et quantification de l'ADN	168
VIII.1.2. 1. Extraction de l'ADN	168
VIII.1.2.2. Traitement à l'ARNase	169
VIII.1.2.3. Purification	169
VIII.1.2.4. Préparation du marqueur	169
VIII.1.2.5. La quantification d'ADN.....	170
VIII.1.2.6. Les amorces utilisées.....	171
VIII.1.3. Amplification d'ADN et électrophorèse	172
VIII.1.4. Analyse bioinformatique des données	174
VIII.2 Résultats et discussion	175
VIII.3. Conclusion.....	177

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	179
---	------------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	182
---	------------

LISTE DES CARTES

✓ Carte 01: la situation géographique de la région de Khenchela	07
✓ Carte 02 : Modèle numérique du relief de la région de Khenchela	09
✓ Carte 03 : la carte des altitudes de la région de Khenchela	12
✓ Carte 04 : la carte des pentes de la région de Khenchela	14
✓ Carte 05 : la carte géologique de la région de Khenchela	16
✓ Carte 06 : la carte lithologique de la région de Khenchela	19
✓ Carte 07 : la carte des classes des sols de la région de Khenchela de Durand. G. H, 1954	21
✓ Carte 08 : la carte du réseau hydrologique de la région de Khenchela	23
✓ Carte 09 : Répartition des sites d'étude à travers la région de Khenchela	24
✓ Carte 10: La situation géographique du Site N°01 (Garat El Taref)	26
✓ Carte 11 : La situation géographique du site N°02 (Oued El Arab)	28
✓ Carte 12 : La situation géographique du site d'Ouazarne	30
✓ Carte 13 : L'aire d'origine de répartition du genre <i>Tamarix</i> selon (Nelroy E. Jackson, 1996)	65

LISTE DES TABLEAUX

✓ Tableau 01 : Les résultats de détermination de la granulométrie et la texture des sites d'étude.....	31
✓ Tableau 02 : Les résultats de détermination des paramètres chimiques des sites d'étude.....	31
✓ Tableau 03 : Données géographiques des stations météorologiques avec la série d'observation.....	35
✓ Tableau 04 : Moyennes mensuelles des Précipitations aux stations : d'El Hamma de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	38
✓ Tableau 05 : Le régime saisonnier des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	39
✓ Tableau 06 : Les valeurs du régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	41
✓ Tableau 07 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	42
✓ Tableau 08: Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	43
✓ Tableau 09 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	44
✓ Tableau 10: Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	45
✓ Tableau 11 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	46
✓ Tableau 12 : Les valeurs de l'amplitude thermique aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	47
✓ Tableau 13: Les valeurs du quotient pluviométrique d'EMBERGER aux stations de El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	49
✓ Tableau 14 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (en mm) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)	51
✓ Tableau 15: Les valeurs mensuelles de l'humidité relative (en %) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)	53
✓ Tableau 16 : Les valeurs mensuelles de la vitesse des vents (en m/s) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)	54
✓ Tableau 17 : Les valeurs mensuelles de l'insolation en (heurs/mois) à la station de Biskra	55
✓ Tableau 18 : Les différents usages de <i>Tamarix</i> dans la phytothérapie traditionnelle.....	85
✓ Tableau 19 : Les familles les plus importantes inventoriées dans le site de Garat El Taref.....	87
✓ Tableau 20: Composition floristique du site de Oued El Arab.....	88
✓ Tableau 21: Composition floristique du site d'Ouazerne.....	88

✓ Tableau 22: Mesures morphométriques du site de Garat El Taref.....	91
✓ Tableau 23: Mesures morphométriques du site de de Oued El Arab.....	91
✓ Tableau 24: Mesures morphométriques du site de Ouazerne.....	92
✓ Tableau 25 : Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) sur la longueur de la partie aérienne et la partie racinaire des boutures du <i>Tamarix</i> sp. en (cm),	99
✓ Tableau 26 : résultats d'analyse statistique de la variance à un critère contrôlé au seuil de signification $\alpha = 5\%$ de l'effet dose de NaCl sur les différents paramètres étudiés chez <i>Tamarix</i> sp.....	100
✓ Tableau 27 : Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) sur le taux de la proline en ($\mu\text{g} / \text{gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de <i>Tamarix</i> sp.	101
✓ Tableau 28 : Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) le taux d'ADN en ($\mu\text{mol} / \text{gMS}$) dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de <i>Tamarix</i> sp.	103
✓ Tableau 29: Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) le taux d'ARN en ($\mu\text{mol} / \text{gMS}$) dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de <i>Tamarix</i> sp.	104
✓ Tableau 30 : resultats de l'analyse statistique des métabolites primaires étudiés dans les trois sites d'étude.....	117
Tableau 31 : résultats de dosage des principaux métabolites primaires et les acides nucléiques chez <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude.....	118
✓ Tableau 32: Propriétés biologiques des quelques poly phénols dans l'organisme.....	135
Tableau 33: Sources alimentaires des flavonoides (Marfrak, 2003)	136
✓ Tableau 34: Contenu en flavonoïdes dans quelques aliments végétaux (poids à l'état frais en mg/kg) (Lugasi et al, 2003)	137
✓ Tableau 35 : Caractéristiques des bactéries utilisées . (ATCC: American type culture collection)	142
✓ Tableau 36: Taux de rendement en extrait sec brut en mg /g de matériel végétal sec dans les trois sites de l'étude.....	143
✓ Tableau 37 : les classes des composés phénoliques identifiés dans les extraits flavonoïques Système solvant : BEW (4 :1 :5) adsorbant : gel de silice.....	147
✓ Tableau 38 : les classes des composés phénoliques identifiés dans les extraits bruts flavonoïques Système solvant : Acétone/ Eau (1 :1) adsorbant : gel de silice.....	148
✓ Tableau 39 : Activité des flavoniques (Diamètre de la zone d'inhibition des cultures microbiennes en mm et cm.....	148
✓ Tableau 40 : la longueur d'amorce du marqueur λ Hind III en pb et en ηg	170
✓ Tableau 41: les amorces utilisées et les génotypes retenus en marqueurs SSR.....	172
✓ Tableau 42: Matrice de dissimilarité entre les génotypes de <i>Tamarix</i> sp. étudiés dans les trois sites en utilisant la méthode des distances génétique (NJ)	174

LISTE DES FIGURES

✓ Figure 01 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station d'El Hamma (période 1995-2012)	36
✓ Figure 02 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station de Babar (période 1995-2012)	37
✓ Figure 03 : Variation inter-annuelle de précipitation à la station de Biskra (période 1995-2012)	37
✓ Figure 04 : Le régime saisonnier des précipitations à la station d'El Hamma- (période 1995-2012)	39
✓ Figure N°05 : Le régime saisonnier des précipitations à la station de Babar (période 1995-2012)	40
✓ Figure 06 : Le régime saisonnier des précipitations à la station de Biskra (période 1995-2012)	40
✓ Figure 07: Le régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	42
✓ Figure 08 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	43
✓ Figure 09 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1999-2012)	44
✓ Figure 10 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	45
✓ Figure 11 : Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	45
✓ Figure 12 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	46
✓ Figure 13 : Diagramme ombro-thermique à la station d'El Hamma (période 1995-2012)	48
✓ Figure 14 : Diagramme ombro-thermique à la station de Babar (période 1995-2012)	48
✓ Figure 15 : Diagramme ombro-thermique à la station de Biskra (période 1995-2012)	49
✓ Figure 16 : Le climagramme d'EMBERGER des stations : d' Elhamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)	50
✓ Figure 17 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (en mm) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)	52
✓ Figure 18 : Les valeurs mensuelles de l'humidité relative (en %) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)	53
✓ Figure 19 : Les valeurs mensuelles moyennes de la vitesse des vents aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)	54
✓ Figure 20: Position du clade des Caryophyllales dans les Angéospermes selon la classification angiosperms phylogeny group 2003 (APG 2003)	59

✓ Figure 21: Position de la famille Tamaricacée dans le clade des Caryophyllales selon la classification angiosperms phylogeny group 2003 (APG 2003)	60
✓ Figure 22: Les principaux caractères botaniques de la famille des Tamaricacées	61
✓ Figure 23: La taxonomie du genre <i>Tamarix</i> selon l'angiosperms phylogény group 2003 (l'APG 2003)	63
✓ Figure 24: La classification classique du genre <i>Tamarix</i> (classification de Cronquist, 1981)	64
✓ Figure 25: Forme de feuilles formant un fourreau autour de rameau chez <i>Tamarix aphylla</i>	67
✓ Figure 26 : La structure d'une glande sécrétante des sels chez le <i>Tamarix</i> sp.....	69
✓ Figure 27 : Les différents types du disque floral chez le genre <i>Tamarix</i>	71
✓ Figure 28: Les différentes formes des graines chez quelques espèces de genre <i>Tamarix</i>	73
✓ Figure 29 : Le système racinaire latéral chez des individus âgés de 4 ans de <i>Tamarix</i> sp	76
✓ Figure 30: Le double système racinaire latéral et pivotant chez les jeunes pousses de <i>Tamarix</i> sp.	76
✓ Figure 31 : Détermination de l'aire minimale	86
✓ Figure 32 : Mode d'échantillonnage pour la réalisation de mesures morphométriques	90
✓ Figure 33 : Comparaison des paramètres morphométriques entre les trois sites de la région d'étude	93
✓ Figure 34: L'effet de stress salin (NaCl) sur la croissance en longueur de la partie aérienne et la partie racinaire en (cm) chez les plants du <i>Tamarix</i> sp.	100
✓ Figure 35 : Taux de la proline en ($\mu\text{g/gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de <i>Tamarix</i> sp.	102
✓ Figure 36 : Taux de l'ADN en ($\mu\text{mol/gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de <i>Tamarix</i> sp	103
✓ Figure 37 : Taux de l'ARN en ($\mu\text{mol/gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de <i>Tamarix</i> sp	105
✓ Figure 38 : la structure chimique de quelques glucides de types Ose	108
✓ Figure 39 : la structure chimique de quelques glucides de type Oside	109
✓ Figure 40 : la structure des chlorophylles a (à gauche) et b (à droite).	110
✓ Figure 41 : le spectre d'absorption de la chlorophylle.	111
✓ Figure 42 : formule générale des acides aminés A et Formule de la proline B	112
✓ Figure 43 : Interconnexion des voies de biosynthèse de la chlorophylle et de la proline.	112
✓ Figure 44 : détermination de taux des protéines par la méthode d'étalonnage.....	115
✓ Figure 45 : les résultats de la teneur en chlorophylle (a+b) en ($\mu\text{g/g MF}$) dans la partie aérienne chez le <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude	118
✓ Figure 46 : les résultats de la teneur en sucres totaux en ($\mu\text{g/g MF}$) dans la partie aérienne chez le <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude	119
✓ Figure 47 : les résultats de la teneur en proline en ($\mu\text{g/g MF}$) dans la partie aérienne	

chez le <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude	120
✓ Figure 48 : les résultats de la teneur en protéines totales en ($\mu\text{g/g}$ MF) dans la partie aérienne chez le <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude	121
✓ Figure 49 : les résultats de la teneur en ADN en ($\mu\text{mol/g}$ MS) dans la partie aérienne chez le <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude	122
✓ Figure 50: les résultats de la teneur en ARN en ($\mu\text{mol/g}$ MS) dans la partie aérienne chez le <i>Tamarix</i> sp. dans les trois sites d'étude	123
✓ Figure 51: la structure chimique d'un terpnoïde (Isoprène)	126
✓ Figure 52: la structure générale d'un groupe phénol	128
✓ Figure 53 : les effets biologiques des polyphénols selon Martin et Andriantsitohaina, 2002).	129
✓ Figure 54: Structure de base des flavonoïdes et leur schéma simplifié (Dacosta 2003	131
✓ Figure 55 : La structure des différentes classes de flavonoïdes (Gamet-Payraastre et al, 1999).	132
✓ Figure 56 : Protocole simplifié d'extraction des flavonoïdes.....	139
✓ Figure 57 : Courbe étalonnage pour dosage des poly phénols.....	140
✓ Figure 58: Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes	141
✓ Figure 59 : Taux de rendement en extrait sec brut en mg/g de matériel végétal sec dans les trois sites de l'étude	144
✓ Figure 60 : la quantité des poly phénols en (mg/1g du poids sec de la plante) dans les trois sites de l'étude	144
✓ Figure 61: Teneur en flavonoïdes (mg/1g de la poids sèche de la plante)	145
✓ Figure 62 : la structure de microsatellites (selon Cirad et supagro ; 2006).	159
✓ Figure 63 : les microsatellites ou SSR ou STR constitués de deux régions flanquantes, d'unité répétée n fois sur la région répétée. (Morgante et al 1993).	160
✓ Figure 64 : Exemple d'une séquence microsatellite de type (CA) n à 6.7.8 et 11 allèles.	161
✓ Figure 65 : Schéma illustrant l'instabilité d'un microsatellite (GT)	163
✓ Figure 66 : Représentation du support formel de la ressemblance ou de la différence entre les objets d'étude de la phylogénie	166
✓ Figure 67 : Electrophorèse du marqueur λ /Hind III	170
✓ Figure 68: Schéma représentant les diverses étapes de la réaction en chaîne de polymérisation (PCR) de l'ADN.	173
✓ Figure 69: exemple du résultat obtenu avec l'amorce Th412 : Ta= 58° C; Taq = 0.4 μ l, ADN = 2 μ l	173
✓ Figure 70: Dendrogramme représentant les distances génétiques existantes entre les génotypes de <i>Tamarix</i> étudiés, générées par les marqueurs SSR. (Basé sur le coefficient de dissimilarité par la méthode Neighbor Joining (NJ)).	175

LISTE DES PHOTOS

✓ Photo 01 : Vue générale du site de Garat El Taref	25
✓ Photo 02 : Vue du site d'Oued El Arab	27
✓ Photo 03 : Vue du site d'Ouazarne	29
✓ Photo 04 : Les deux formes de croissance chez le <i>Tamarix</i> sp. ;A : forme normale, B :forme ramifiante (site d'Ouazerne).....	66
✓ Photo 05 : Les rameaux de <i>Tamarix</i> sp. (Site de Gaet El Taref)	66
✓ Photo 06 : Exemple des feuilles plus larges que longues chez <i>Tamarix pauciovulata</i> (source la flore électronique du Sahara)	68
✓ Photo 07 : Exemple de feuilles un peu longues que larges chez <i>Tamarix gallica</i> (site de Oued El Arab)	68
✓ Photo 08 : L'inflorescence chez : (A) <i>Tamarix africana</i> , (B) <i>Tamarix gallica</i>	70
✓ Photo 09: Les fleurs d'un <i>Tamarix</i> sp.(site de Garat El Taref)	70
✓ Photo 10 : Capsules qui contiennent des graines avant maturation chez <i>Tamarix africana</i> (site de Ouazerne)	72
✓ Photo 11: Le système racinaire pivotant chez les jeunes pousses de <i>Tamarix</i> sp. (Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)	75
✓ Photo 12 : La couronne racinaire chez le <i>Tamarix</i> sp. (Source McDaniel 2007)	77
✓ Photo 13 : La multiplication par graines chez le genre <i>Tamarix</i> (site d'Ouazerne)	77
✓ Photo 14 : Multiplication de <i>Tamarix</i> sp..par bouture	78
✓ Photo 15 : Reprise du <i>Tamarix</i> après un incendie New Mexico (USA)	82
✓ Photo 16 : Effet sédimentaire de <i>Tamarix</i> 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)	83
✓ Photo 17 : Un médicament produit en Europe extrait des jeunes bourgeons de <i>Tamarix gallica</i>	84
✓ Photo 18 : chromatogramme résultant de l'analyse des extraits bruts par CCM (système solvant : BEW (4 :1 :5))	146
✓ Photo 19 : chromatogramme résultant de l'analyse des extraits par CCM (système solvant Acétone/Eau (1 :1))	147
✓ Photo 20: l'effet de l'extrait flavonique de Ouezerene sur la souche <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC43000	149
✓ Photo 21: l'effet de l'extrait flavonique de Babar sur la souche <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC43000	149
✓ Photo 22: l'effet de l'extrait flavonique de Babar sur la souche <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853	150
✓ Photo 23 : l'effet de l'extrait flavonique de Babar sur la souche <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923	150
✓ Photo 24: l'effet de l'extrait flavonique de Garaat el taref sur la souche <i>Escherichia coli</i> ATCC25922.....	151

DEDICACE

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A...

- L'ESPRIT DE MON PERE

- MA MERE

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

- MES CHERS ENFANTS :

ALAA ;

ABD EL BARI

DJOUMANA

ET

LA PETITE ILEF

QUE DIEU ME LES GARDE

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 Rahmoune Chaabane., Professeur au Département de Biologie et écologie à la faculté des sciences de l'Université Constantine 1, pour m'avoir encadrer tout le long de ce travail.*
- *Monsieur le professeur Djamel Alatou de me faire l'honneur de présider le jury ; ainsi tout les membres de la commission de jury les professeurs:*
-
- *Mr M^{ed} El Habib Ben Derradji professeur de l'Université Constantine 1*
- *Mr Louhichi Brinis professeur de l'Université Badji Moukhtar Annaba;*
- *Mr Mohamed Bouazza Professeur de l'Université AbouBekr Belkaid Tlemcen;*
-
- *Mr Abdelmalek Chorfi professeur de l'Université El Hadj Lakhdar Batna*
- *Mr Ben Naceur M'barek chef de laboratoire de biotechnologies appliquées à l'agriculture de l'INRAT de Tunisie, qui grâce à son inestimable aide que j'ai réalisé la partie du polymorphisme génétique;*
- *Mr Akrem El hiyouni de laboratoire des molécules actifs de centre de la recherche de Bordj Ecedria de Tunisie;*
-
- *Mme Sihem El Rabaoui technicienne au sein de laboratoire de biotechnologies appliquées à l'agriculture de l'INRAT de Tunisie*
- *Mes amis Aouidane Laiche, Boulabeiz Mahrez, Bouzou Mourad et Dif alah Tarek*
- *Tout ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail*

MERCI

RESUME

Dans ce travail nous avons essayé de mettre l'accent sur les caractères morphologiques, physiologiques et le marquage moléculaire pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique chez l'espèce du genre *Tamarix* dans différents écotopes de la zone steppique de Khenchela (Est Algérien), où ce genre représente un intérêt important dans la réhabilitation des écosystèmes dégradés.

Les sites d'études sont choisis selon un transect Nord-Sud à travers la région dont les caractéristiques édaphiques, orographiques et climatiques sont extrêmement différents.

L'étude géologique et édaphique révèlent que les espèces du genre *Tamarix* occupent des différentes formations sur des substrats généralement alcalins et salés dans un climat semi aride à désertique.

L'étude bibliographique nous a montré que le genre *Tamarix* a un potentiel reproductif très important avec un système racinaire très adapté aux conditions de déficit hydrique comme il est utilisé en phytothérapie traditionnelle ou moderne en Europe.

L'analyse floristique et morpho-métrique nous a permis d'envisager la richesse floristique de groupement à *Tamarix* et d'avancer certaines hypothèses en relation avec le milieu. L'évaluation de la résistance à la salinité a révélé que les boutures du *Tamarix* résistent à une dose de 64g/l de NaCl, concernant les résultats de l'accumulation de la proline, l'analyse statistique par ANOVA à un critère contrôlé montre qu'il n'existe pas une signification entre l'effet dose et accumulation de la proline. Par contre la quantité et la qualité des métabolites primaires et secondaires ainsi que l'effet bactéricide de ces derniers sont étroitement liés aux conditions du milieu.

L'étude de polymorphisme génétique chez les espèces du genre *Tamarix*, en utilisant le marqueur moléculaire de type SSR a montré que les accessions étudiées sont très éloignées car dans la plupart des cas des coefficients de dissimilarité sont supérieurs à 50% ce qui explique un grand polymorphisme génétique inter et intraspécifique chez le *Tamarix*.

Mots-clés : *Tamarix*, polymorphisme, marqueur PCR-SSR, métabolites primaires, métabolites secondaires, zone steppique, Khenchela

ABSTRACT

In this work we have tried to put the accent on morphological, physiological and molecular markers for the evaluation of phenotypic and genetic polymorphism in the genus of *Tamarix* in different ecotopes of the steppe zone in KHENCHELA (Eastern Algeria) where such genus had an important interest in the rehabilitation of degraded ecosystems.

The study's sites are selected according to a north-south transect across the region where soil, orographic and climatic characteristics are very different

Geological, and soil study indicate that the species of the genus of *Tamarix* holds in different areas, generally alkaline and saline substrates, in a semi-arid and desert climate.

The literature review has shown that the genus of *Tamarix* have a very important reproductive potential, with a root system very suitable for water deficit conditions with a large capacity and it is used in traditional medicine and in modern medicine in Europe.

The flora and morphometric analysis allows us to consider the floristic richness of *Tamarix* group and advance certain assumptions in relation to the environment.

In terms of resistance to salinity The results are significant; where the cuttings of *Tamarix sp.* continued to grow even at a dose of 64g / l of NaCl. Regarding the results of statistical analysis by ANOVA, shows that there is no significance between the effect of salt dose and the accumulation of proline.

The results of the study of primary metabolites, secondary metabolites and the antimicrobial activity revealed a highly significant effect of the environment on their quantity and quality.

The study of genetic polymorphism in species of the genus of *Tamarix*, using molecular marker PCR-SSR type showed that the accessions studied are genetically very distant because in most cases the dissimilarity coefficients are greater than 50% which explains the large genetic polymorphism between and within species in the genus of *Tamarix*.

Keywords: *Tamarix*, polymorphism, PCR-SSR marker, primary and secondary metabolites, steppe zone, KHENCHELA

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

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. (Aidoud A, 1997)

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. (Hadeid, 2006)
Ces zones constituent une ressource capitale en fourrage, essentiel à l'activité pastorale des régions semi-aride et aride, où la presque totalité du patrimoine ovin, caprin et camelin du pays se concentre dans ces zones .

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 (Mrabet, 2003) comme le témoigné la dégradation irréversible de la forêt thermoxerophyte constitué par le Genévrier qui constitue un barrière naturelle entre la façade sud de l'atlas saharien et le désert, où les altitudes se changent brutalement de plus de 2000 m à - 0 m sur moins de 20 Km (le sommet de Ali Ennas (2000m et Ouezerne -15m), ce qui intense le phénomène de l'érosion hydrique dans la direction Nord-Sud et l'érosion éolienne dans sens inverse, sachant que 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 (Aubert, 1986).

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, affectant l'équilibre et la productivité des steppes. (Rahmoune *et al.*, 2001)

Tenant compte des caractéristiques de ces régions que nous avons décrit, il apparaît nécessaire d'orienter les recherches dans ce contexte vers les plantes les plus résistantes, surtout les plantes thermo xérophytes et halophytes; qui seront aptes à des multi-sages sur différents plans:

- Sur le plan écologique et phytosociologique ces plantes doivent permettre la restauration de l'écosystème dégradé par leur forme antiérosive ainsi que la richesse de leur cortège floristique et faunistique;
- Sur le plan économique ces plantes doivent avoir des critères de palatabilité, mellifère, usage médical, etc...

Parmi les plantes qui répondent à ces critères réunis figurent les espèces du genre *Tamarix*, qui malgré son existence dans des situations extrêmes du milieu à savoir : la salinité, des 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 les potentialités du genre *Tamarix*, qui ont lui permet d'avoir une grande ubiquité écologique dans différents milieux, ainsi que ces usages comme plante médicinale même dans des cas de cancer en médecine traditionnelle, comme plante mellifère et fourragère, et pour mieux cerner l'effet du milieu sur la variabilité morphologique, biochimique et génétique de ce genre nous avons choisis trois sites contrastés du point de vue climatique et édaphique dans la zone aride de Khenchela, et qui sont répartis selon un transect nord-sud :

- Garat El Taref à l'extrême Nord, est une sebkha salée et inondée d'eaux plus de la moitié de l'année ;
- Oued El Arab au centre de la zone d'étude, est une zone de transition entre le désert et le Nord ;
- Ouazerne situé à l'extrême Sud (Sahara), est une zone totalement désertique.

Pour répondre à cet objectif nous avons divisé le plan de notre travail en huit chapitres répartis sur quatre parties comme suit:

- Première partie : étude du milieu

Chapitre I : présentation du milieu physique de la région d'étude

Chapitre II : étude climatique

- Deuxième partie: biologie, morphologie et écologie du *Tamarix*

Chapitre III : biologique et écologique du genre *Tamarix*

Chapitre IV : exemple sur la résistance du genre *Tamarix au stress salin*

- Troisième partie : étude de la variabilité biochimique chez *Tamarix sp*

Chapitre V : étude de la variabilité des métabolites primaires

chapitre VI : étude de la variabilité des métabolites secondaires

- Quatrième partie : étude de polymorphisme PCR-SSR génétique chez le *Tamarix sp.* par la technique

Chapitre VII : techniques et type des marqueurs moléculaire

Chapitre VIII. détermination du polymorphisme génétique chez *Tamarix sp* par la technique SSR-PCR

PARTIE I

Presentation du milieu de la région d'étude

CHAPITRE I

Milieu physique de la région d'étude

I.1. Présentation générale de la région de khenchela**I-1-1.Situation géographique :**

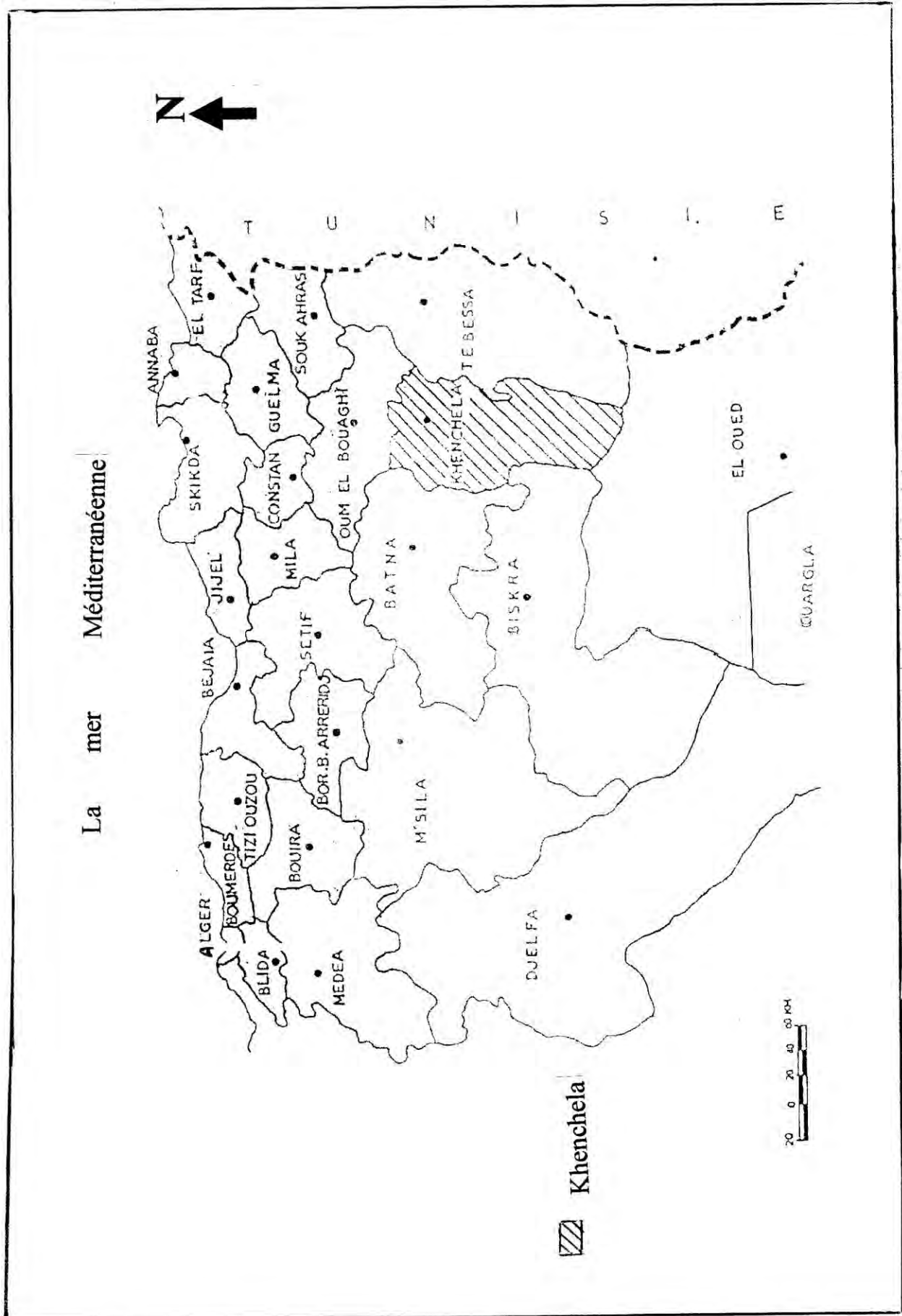
Située à l'Est du pays, au contrefort des monts des Aurès, dans l'aire géographique comprise entre 6° 32' et 7° 34' de longitude Est et entre 35° 7' et 35° 38' de longitude Nord, la wilaya de Khenchla est limitée (Carte 01) :

- au Nord, par la wilaya d'Oum El Bouaghi ;
- au Nord-ouest par la wilaya de Batna ;
- au Sud-ouest, par la wilaya de Biskra ;
- au Sud, par la wilaya d'El Oued ;
- à l'Est, par la wilaya de Tébessa.

Son étendue territoriale couvre une superficie totale de 9 715 Km².

Sur le plan géographique, la région de Khenchla appartient à l'ensemble naturel des Hauts Plateaux, un ensemble occupant la partie médiane du territoire national et bien individualisé géographiquement par les deux chaînes montagneuses de l'Atlas : l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas saharien au Sud. De par ses spécificités physiques, liées à ses caractéristiques géographiques, cette wilaya présente une particularité, qui fait d'elle, avec la wilaya de Batna, l'une des wilayas uniques dans son genre. En effet, la surrection des Aurès au quaternaire donne à cette partie de l'Atlas saharien une physionomie très proche des espaces montagneux du nord, et de ce fait la région 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).
- Sur le plan démographique, la région de Khenchla abrite une population évaluée au RGPH 2008 à 384 146 habitants, ce qui correspond à une densité de peuplement de 40 habitants au Km². (CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)



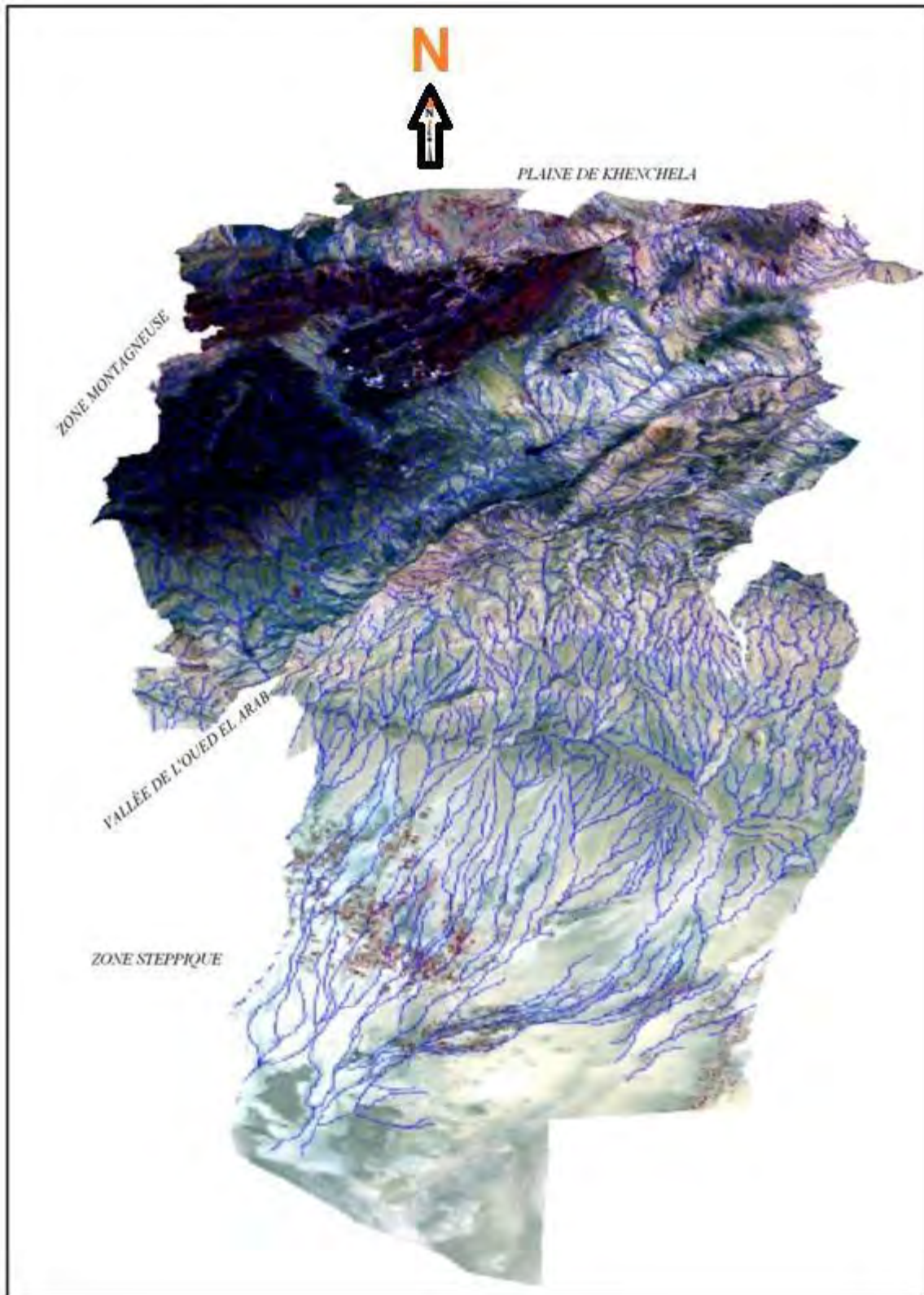
Carte N°01 : la situation géographique de la région de Khenchela

I.1. 2. Le relief

Le relief est la résultante de la combinaison entre deux facteurs : l'altitude et la pente ; cette dernière, par ses effets handicapants, constitue l'un des facteurs les plus contraignants pour l'aménagement du territoire en général et la mise en valeur agricole en particulier.

Le relief de la wilaya de Khenchla présente, d'une manière générale, trois compartiments distincts :

- Une zone de hautes plaines, au nord, qui se singularise par une altitude d'ensemble oscillant entre 850 et 900 mètres et une pente généralement faible (inférieure à 3%) ;
- Une zone de montagnes au centre de la wilaya, formée par le massif des Aurès et Néménchas, dont le point culminant atteint 2169 m sur le Djebel Chélia, ce qui fait de lui l'un des sommets les plus élevés de l'Atlas Algérien. Cette zone, dont l'altitude oscille entre 1000 et 2169 mètres, est entrecoupée par des vallées étroites, de direction générale Nord-Est ;
- Une zone de plaines steppiques et présahariennes au sud, dont une partie se situe au dessous du niveau de la mer (Oglat El Barra : moins 26 m). De topographie relativement plane, elle appartient à la grande cuvette du bassin de chott Melghir où se situe le grand Erg oriental (Carte 02).



Carte 02 : Modèle numérique du terrain de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

I.1.2.1 L'altitude

La wilaya de Khenchela se caractérise par une très forte dénivellation. En effet l'altitude oscille entre moins 26 mètres au dessous du niveau de la mer (Chott Melghir au sud-est de la wilaya) et 2169 mètres au dessus du niveau de la mer (Djebel Chélia) sur les monts des Aurès au nord-ouest de la wilaya (Carte 03).

Globalement, on relève cinq domaines à altitudes différenciées :

- Le domaine montagneux des Aurès, au Nord-Ouest, qui se distingue par ses altitudes très élevées, où l'on dénombre de nombreux sommets dépassant les 1500 m : Djebel Chélia (2169 m) ; successions de monts atteignant 1623 à 2113 m sur la chaîne montagneuse du Djebel Tafrent ; Djebel Fourhal (1698 m, etc.. ;
- Le domaine montagneux des Nemenchas, à l'est, dont l'altitude oscille entre 600 et 1400 m, avec toutefois quelques sommets avoisinant les 1600 m (versant nord d'El Outa Guert). Les monts des Nemenchas se distinguent par leur dénivellation qui s'abaisse brutalement du nord au sud ;
- Le domaine des hautes plaines au nord, dont l'altitude oscille généralement entre 800 et 1000m ;
- Le domaine des piémonts des Némemchas, dont l'altitude oscille entre 200 et 600 m ;
- Le domaine des basses plaines sahariennes, dont l'altitude se situe entre moins 26 mètres (bordure de Chott Melghir) et 200 mètres (piémonts des Nemenchas).

Afin de mieux caractériser cette composante du relief, une carte des classes de d'altitudes a été dressée pour le territoire de la wilaya, sur la base de la grille utilisée par le ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme (MATET) pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, préconise 04 classes d'altitudes, définies comme suit :

- Les zones de piémonts et contiguës : classe comprise entre 0 et 400 mètres ;
- Les zones de moyenne montagne, étage inférieur : classe comprise entre 400 et 800 mètres ;
- Les zones de moyenne montagne, étage supérieur : classe comprise entre 800 et 1200 mètres ;
- Les zones de haute montagne : classe supérieure à 1200 mètres.

La répartition générale des classes d'altitude en fonction de la superficie est comme suit (Anonyme, 2008) :

- **La classe d'altitude comprise entre 0 et 400 mètres.**

Cette classe, qui correspond la zone sud de la wilaya (plaine saharienne), occupe une superficie totale de **363 600 ha, soit 37,95 %** de la superficie totale de la wilaya.

- **La classe d'altitude comprise entre 400 et 800 mètres.**

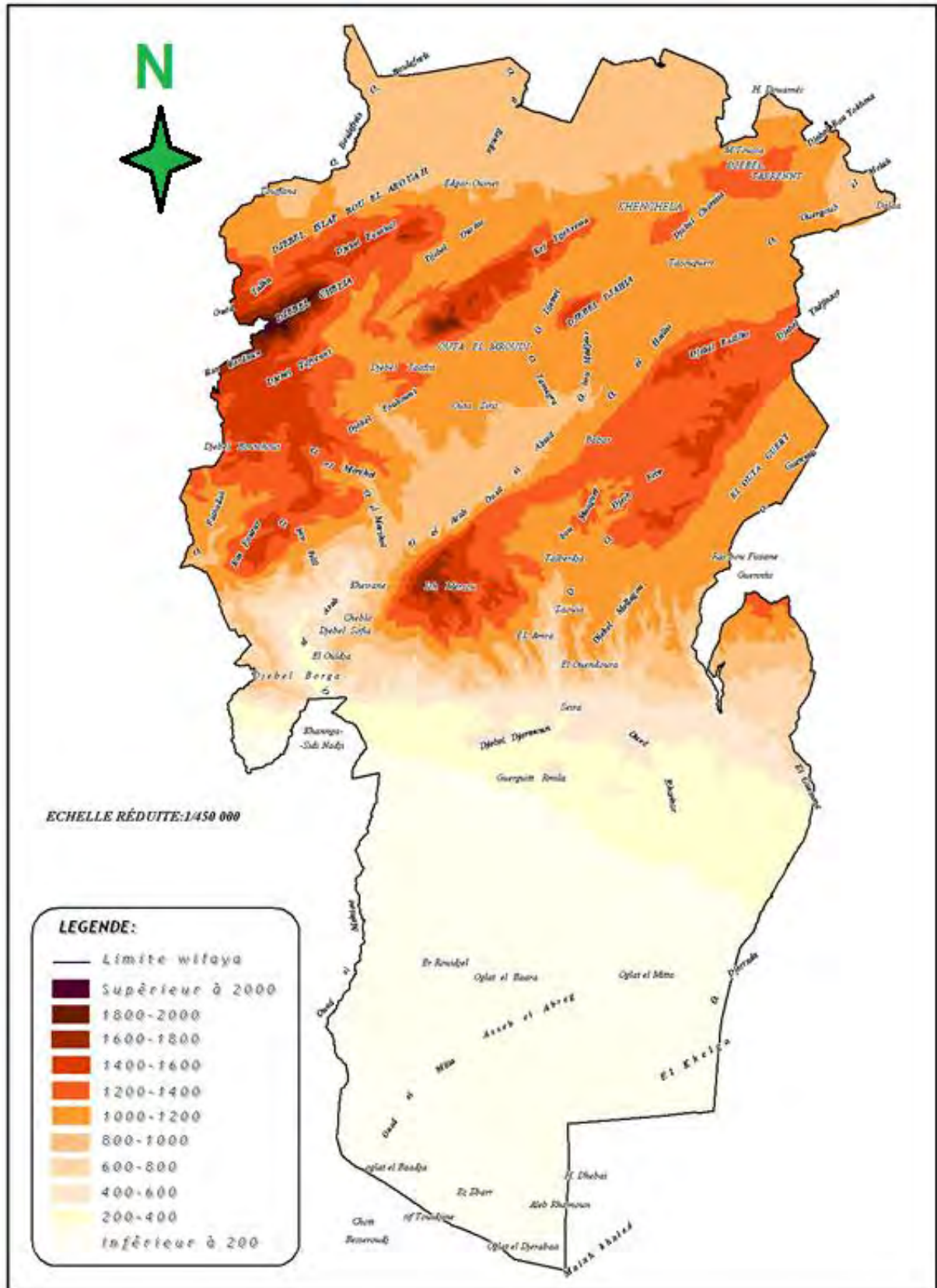
Cette classe, qui correspond à la zone de piémonts des Némenchas, occupe une superficie totale de **183 131 ha, soit 19,13 %** de la superficie totale de la wilaya.

- **La classe d'altitude comprise entre 800 et 1200 mètres.**

Cette classe, qui correspond en majorité à zone des hautes plaines, occupe une superficie totale de **352 601 ha, soit 36,83 %** de la superficie totale de la wilaya.

- **La classe d'altitude supérieure à 1200 mètres.**

Cette classe correspond aux zones de haute montagne des Aurès et Némenchas, elle occupe une superficie totale de **58 218 ha, soit 6,08 %** de la superficie totale de la wilaya.



Carte 03 : la carte des altitudes de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

I.1.2.2. La pente

Comme pour les classes d'altitude, une carte des classes de pente caractérisant le territoire de la wilaya a été dressée, sur la base de la grille retenue par le MATET pour le classement des zones de montagnes. Cette grille, qui tient compte de l'utilisation souhaitable des terres, préconise 04 classes (Carte 04):

- **Classe 1 : pente comprise entre 0 et 3,5% :**

C'est une classe à topographie relativement très favorable à l'intensification agricole (mécanisation et irrigation) et à la réalisation d'infrastructures techniques, sociales et économiques à moindre coût, car facilement accessible et ne nécessitant pas d'aménagements particuliers.

Cette classe correspond aux hautes plaines du Nord, les vallées et les replats, ainsi que la basse cuvette du Sahara. Elle occupe une superficie totale de 422 500 ha, ce qui représente **44,14 %** du territoire de la région ;

- **Classe 2 : pente comprise entre 3 et 12,5% :**

Cette classe présente une pente modérée. Moyennant des techniques et mesures antiérosives, elle est favorable au développement d'une agriculture intensive à semi intensive (selon l'intensité de la pente). Sur les sols à structure géologique plus ou moins stable, c'est aussi une classe favorable à la réalisation d'infrastructures techniques, sociales et économiques, mais avec coûts légèrement plus onéreux qu'en classe 1.

Elle correspond généralement aux terres de bas piémonts, où l'agriculture reste possible et où l'écoulement des eaux (ruissellement) est important. Elle occupe une superficie totale de 216 977 ha, ce qui représente 22,67 % du territoire de la région ;

- **Classe 3 : pente comprise entre 12,5 et 25% :**

Cette classe présente une pente relativement importante. Au plan agricole, l'utilisation souhaitable des terres relevant de cette classe doit privilégier l'arboriculture fruitière et autres cultures pérennes fixatrices du sol au détriment des cultures annuelles et notamment les grandes cultures, dont les travaux du sol favorisent l'érosion et accélèrent son processus. Les mesures et techniques antiérosives au niveau de cette classe sont non seulement recommandées mais impératives.

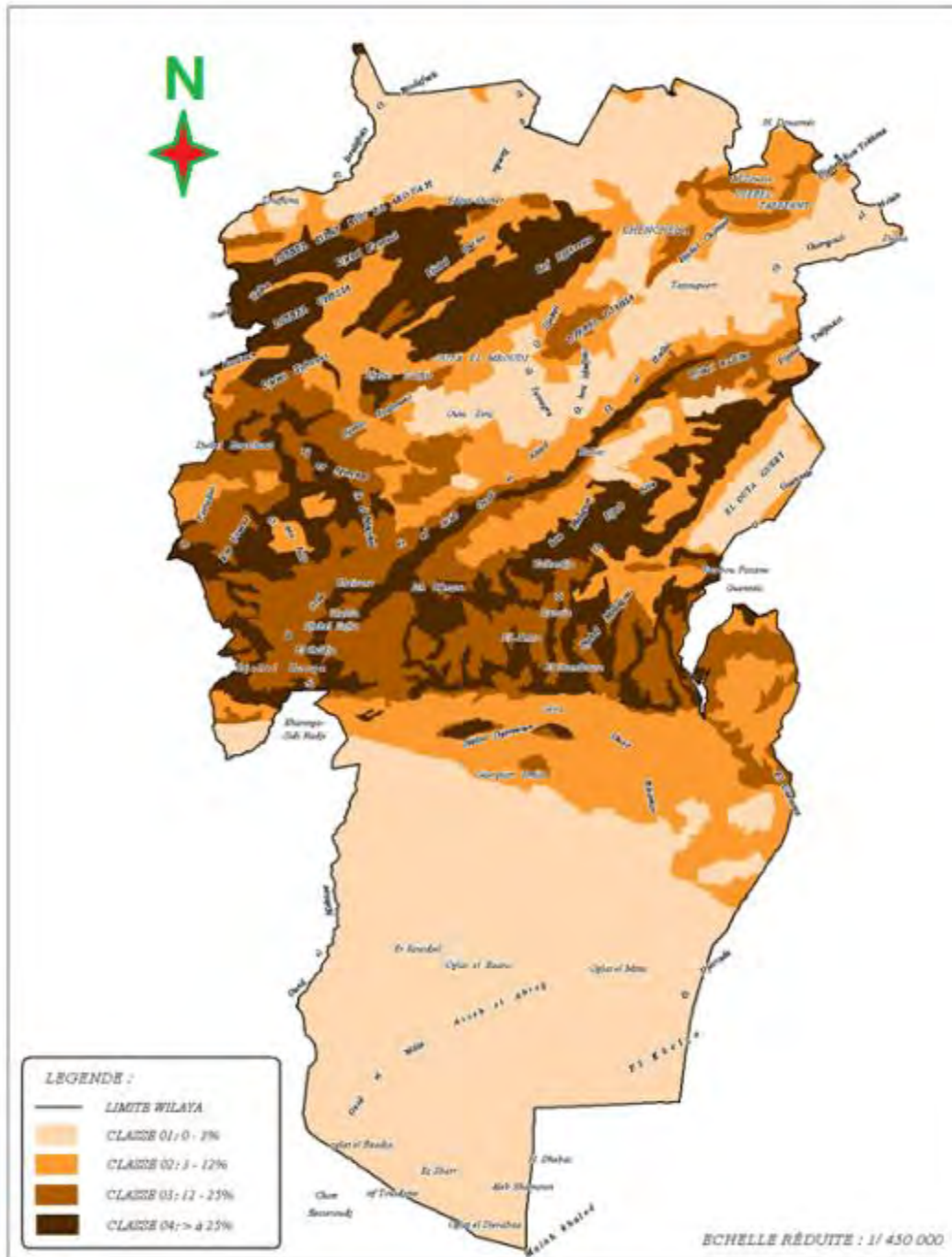
Concernant les infrastructures sociales, économiques, et les installations techniques, leur réalisation devra prendre en considération les spécificités locales, ce qui suppose des aménagements appropriés et des surcoûts souvent considérables.

Elle correspond aux piémonts à utilisation agro-sylvo-pastorale. L'écoulement des eaux est très important, et cause souvent des dégâts considérables aux sols cultivés (érosion). Elle occupe une superficie totale de 151 712 ha, ce qui représente 15,85 % du territoire de la région ;

- **Classe 4 : pente supérieure à 25%**

C'est une classe qui présente une pente excessivement marquée, constituant de ce fait une contrainte majeure pour la pratique des activités agricoles et un handicap pour la réalisation des infrastructures socioéconomiques. A ce titre, l'occupation du sol au niveau de cette classe doit privilégier la sylviculture.

Elle correspond en général aux territoires de haute montagne. Elle occupe une superficie totale de 166 061ha, ce qui représente 17,35 % du territoire de la région ;



Carte 04 : la carte des pentes de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

I.1.3. Géologie- lithologie

I.1.3.1. Esquisse géologique

Les traits généraux de la structure géologique de la wilaya sont caractérisés à partir des feuilles Constantine Nord et Constantine Sud, représentant l'esquisse géologique et structurale au 1/1.000.000^{ème} avec la précision du 1/500.000^{ème}.

Sur cette carte, on distingue clairement les différents éléments géologiques et structuraux pris dans le cadre régional. En effet, cette carte met en évidence la démarcation entre les deux régions Nord et Sud, que l'on appelle Atlas et Sahara (Accidents géologiques profonds) : l'Atlas, offrant des reliefs variés, complexes et des lignes tectoniques multiples ; le Sahara, au contraire est caractérisée par l'extrême simplicité de son orographie (Carte 05).

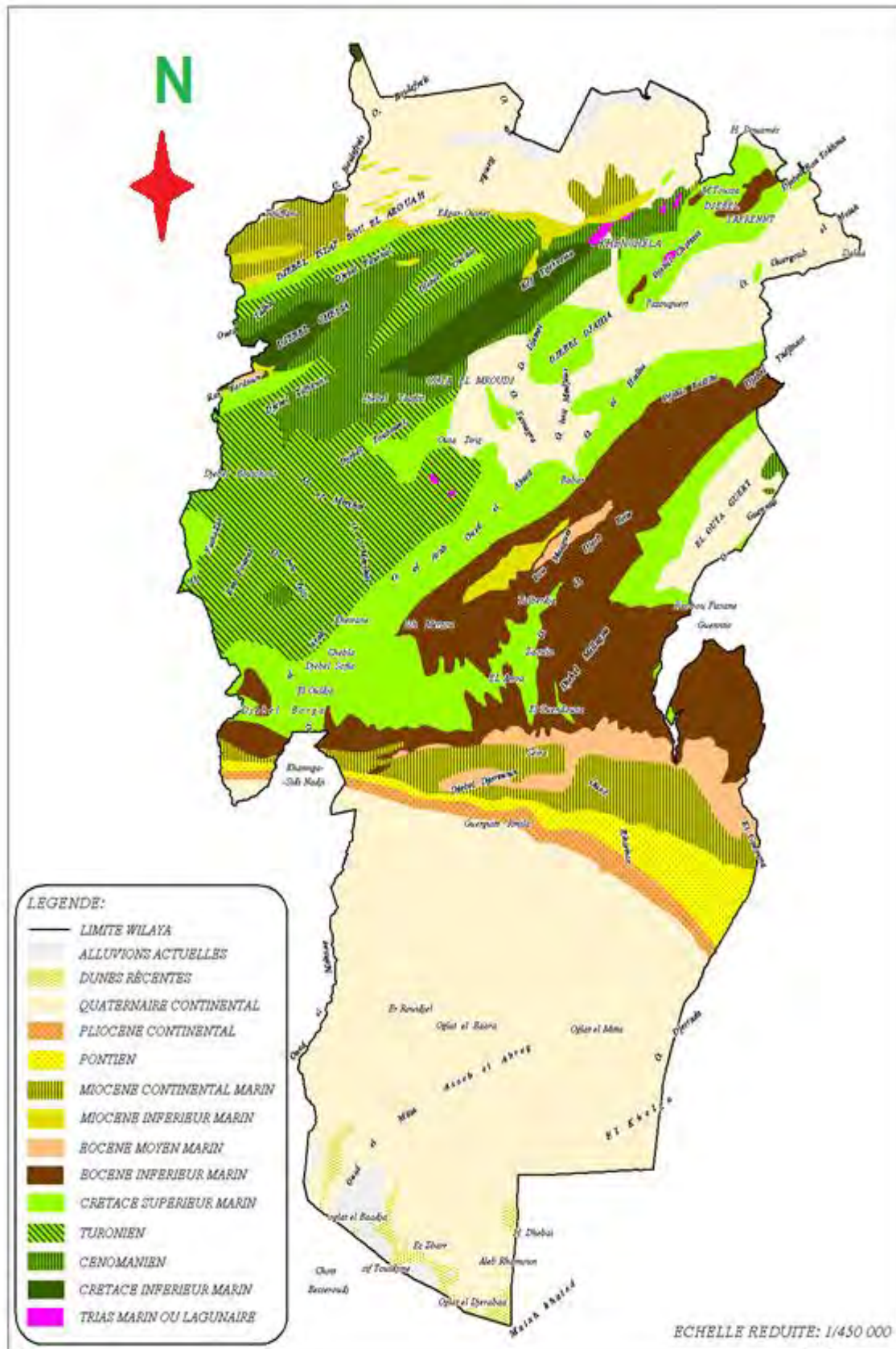
Dans l'Atlas, les différents termes de l'échelle stratigraphique sont distribués dissymétriquement, de part et d'autre d'une ligne diagonale orientée du Sud-ouest au Nord-est. En réalité, cette dissymétrie apparaît tout au long de la chaîne montagneuse de l'Atlas Saharien, qui s'étale sur toute la largeur de l'Afrique du nord. Une série de plis fascicules caractérise cette chaîne du Maroc à la Tunisie. L'importance croissante d'Ouest en Est des résidus de sédiments nummulitiques marque l'ennoyage graduel dans cette direction du socle général du pays. Il existe dans la partie nord de la wilaya de Khenchela, (l'Aurès et les Nemenchas), une série d'anticlinaux d'orientation Sud-ouest - Nord-est, plissées à l'Eocène supérieur et à l'Oligocène et simplement soulevés au Néogène (Anonyme, 1973^a, 1973^b)

I.1.3.1. 1. Description stratigraphique

A)- Le quaternaire

L'examen de la feuille géologique au 1/50.000^{ème} de la région de Khenchela, montre que le quaternaire peut être observé au niveau de plusieurs endroits de la région:

- **Les éboulis à blocs** : Ils sont présents sur les massifs montagneux de l'anticlinal de Khenchela, du synclinal du Djebel Aurès et du Djebel Chettaïa, où ils occupent les pieds des corniches calcaires ou gréseuses.
- **Les alluvions récentes ou actuelles** : Elles sont rencontrées principalement aux environs de Beghaï et sur les lits de quelques oueds. Elles sont constituées de sables, de graviers, ainsi que de limons gris avec de gros galets émoussés : calcaires ou gréseux.
- **Les Alluvions anciennes et le quaternaire indéterminé** : Ces formations sont localisées dans les zones basses de la bordure septentrionale.



Carte 05 : la carte géologique de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

Elles correspondent à des alluvions anciennes que l'on retrouve dans les vallées et les plaines à pente nulle ou très faible et sur lesquelles des sols bruns se sont développés.

B)- Le tertiaire post-miocène

Cette formation est présente :

- au Nord de la région, sur les hautes plaines entourant « Garaat El Tarf » où elle s'étend jusqu'au nord de la ville de Khenchela ;
- à l'est et au sud-est de la ville, et se prolonge jusqu'à Kheirane ;
- au sud sur les piémonts de l'Atlas saharien.

Elle est constituée en général d'argiles silteuses beiges et rouges, avec une perméabilité faible à moyenne.

- **Le tertiaire ante miocène** : Principalement éocène, le tertiaire affleure au niveau de la partie centre-est et la partie sud de la wilaya. Il est constitué essentiellement de grès, dont la perméabilité est moyenne.
- **Le crétacé supérieur** : (Cénomaniens- Daniens). Il occupe la partie ouest de la wilaya (piémonts de l'Aurès), ainsi que la partie sud-est de ces mêmes monts. Il est constitué de calcaire et de calcaire marneux.
- **Le crétacé inférieur** : (Albiens- Barrémiens). Cette formation n'affleure qu'en de rares endroits. On la retrouve au niveau des crêtes du djebel Chélia, ainsi qu'au nord des communes d'Ensiha et d'El-Hamma
- **Le trias** : Cette formation, composée principalement de terrains gypso-salins, est surtout présente au nord et Nord-Ouest de la ville de Khenchela. Elle se présente sous forme d'affleurements en noyaux diapyles ou en intrusions à la faveur de cassures.

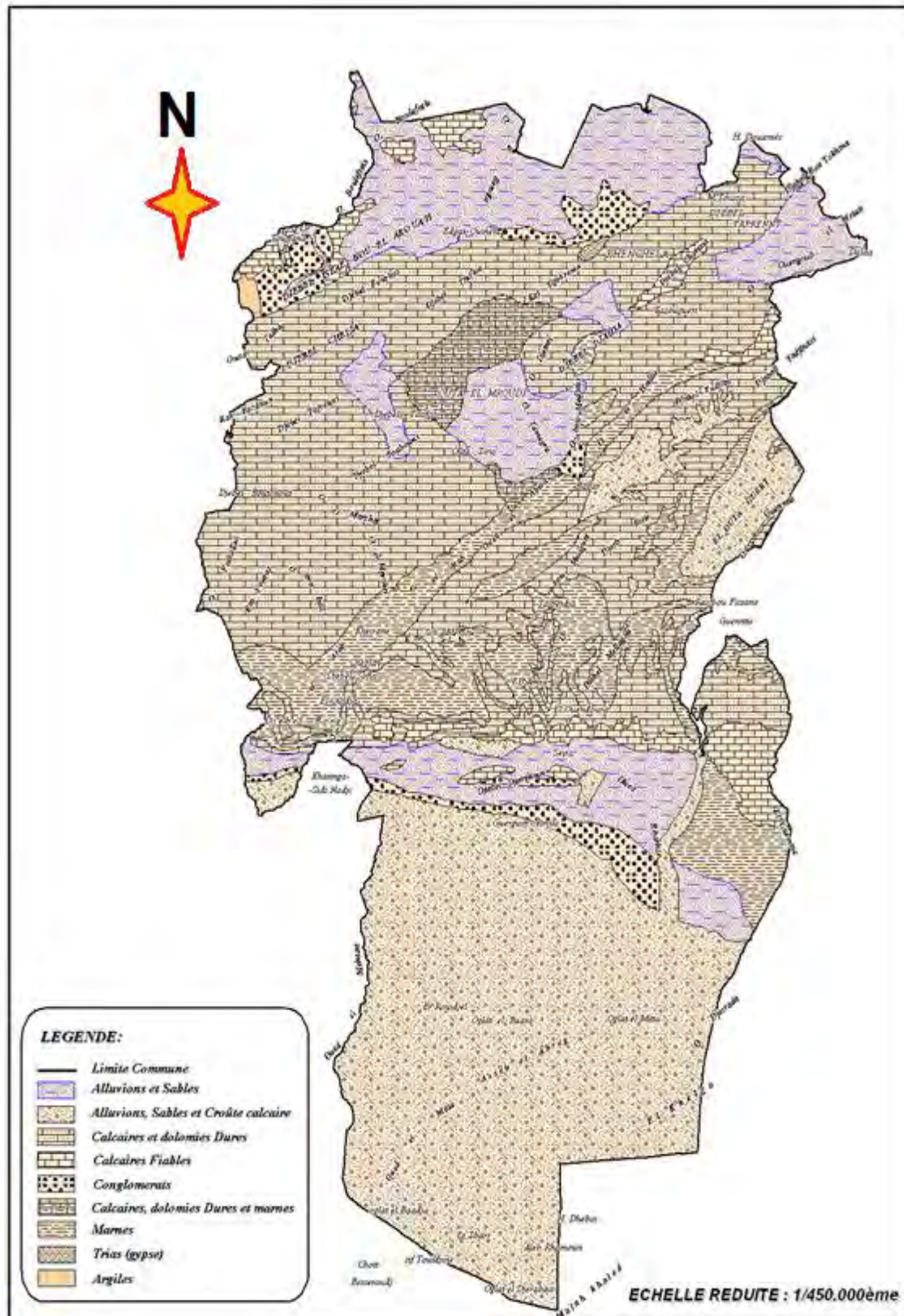
I.1.3.2. Aperçu lithologique

La lithologie (nature géologique des roches de surface) donne une indication sur la résistance des sols à l'érosion. Croisée avec d'autres facteurs des milieux physique et naturel (pente, intensité des pluies et occupation du sol), elle permet d'apporter une appréciation sur la sensibilité des sols à l'érosion et par conséquent elle constitue un critère déterminant quant à la définition de (ou des) l'option à prendre au titre d'une utilisation (affectation) rationnelle et durable du sol (Carte 06).

Sur le plan lithologique, la région de Khenchela présente une multitude de faciès, dont les plus représentés sont énumérés ci-après :

- **Les alluvions et sables**. Ces faciès, moyennement stables, sont rencontrés principalement sur les hautes plaines du nord, sur les terrasses alluviales d'El Meroudj et Oued Guergoub, ainsi qu'au niveau du glacis situé sur les piémonts des Aurès-Némenchas et les basses plaines du sud. Ils correspondent à des terres à fort potentiel agricole, mais dont l'intensification reste tributaire de la ressource en eau pour l'irrigation.

- **Les marnes.** Formations très sensibles à l'érosion et souvent sujettes aux glissements de terrains, les marnes sont présentes tout le long de la vallée de l'Oued El Arab et sur la partie est de la wilaya, correspondant aux monts des Némenchas, Au niveau de ces derniers, qui sont dépourvus de végétation forestière, ces formations sont soumises à une érosion intense et se présentent souvent sous forme de « badlands ».
- **Les calcaires et dolomies dures.** Formations à bonne résistance à l'érosion, les calcaires et dolomies dures sont présent sur la presque totalité du massif des Aurès et sur les reliefs du nord-est de la wilaya. En général, ces formations de montagne sont relativement bien arrosées et couverte d'une végétation forestière assez dense qui les protège de l'érosion.
- **Les calcaires friables.** Peu répandus dans la wilaya, ces faciès sensibles à l'érosion sont localisés principalement sur la bande médiane séparant le nord du sud de la région, et localement au nord, dans la zone des Garaets. Ces roches donnent naissance à des sols calcaires, de profondeur variable suivant leur position topographique, et riches en humus quand ils sont couverts de végétation forestière ;
- **Le trias (gypse).** Formation saline, le trias est essentiellement répandu sur les basses plaines sahariennes au sud de la wilaya. Par ailleurs, on le trouve localement au Nord de Khenchla, à l'est de Babar et au sud d'Ouled Rechache.



Carte 06 : la carte lithologique de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

I.1.4. Aperçu pédologique sur les principaux sols de la région

Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la wilaya, il en résulte un large éventail de sols, dont la formation est conditionnée par la couverture végétale. La carte pédologique de l'Algérie, établie par JH DURAND, confortées par des études ponctuelles plus récentes, permet de cerner d'une manière assez générale les principaux sols rencontrés au niveau de la wilaya. La carte des sols, dressée à l'échelle du 1/500 000 par DURAND J. H. 1954, a dénombré six classes de sols, auxquelles il convient d'ajouter la classe des sols minéraux brut (affleurement de la roche mère) et la classe des sols halomorphes (sols salés) (Carte 07):

✓ ***Les sols calcaires humifères :***

Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres.

✓ ***Les sols insaturés humifères :***

Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.

✓ ***Les sols calciques :***

Ces sols sont rencontrés sur les bas piémonts, et sur les hautes plaines longeant la route qui mène de Khenchela à Faïs en passant par Kaïs et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.

✓ ***Les sols éoliens d'ablation :***

Ces sols sont rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts Nementchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.

✓ ***Les sols éoliens d'accumulation :***

Ils sont localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux).

✓ ***Les sols alluviaux basiques :***

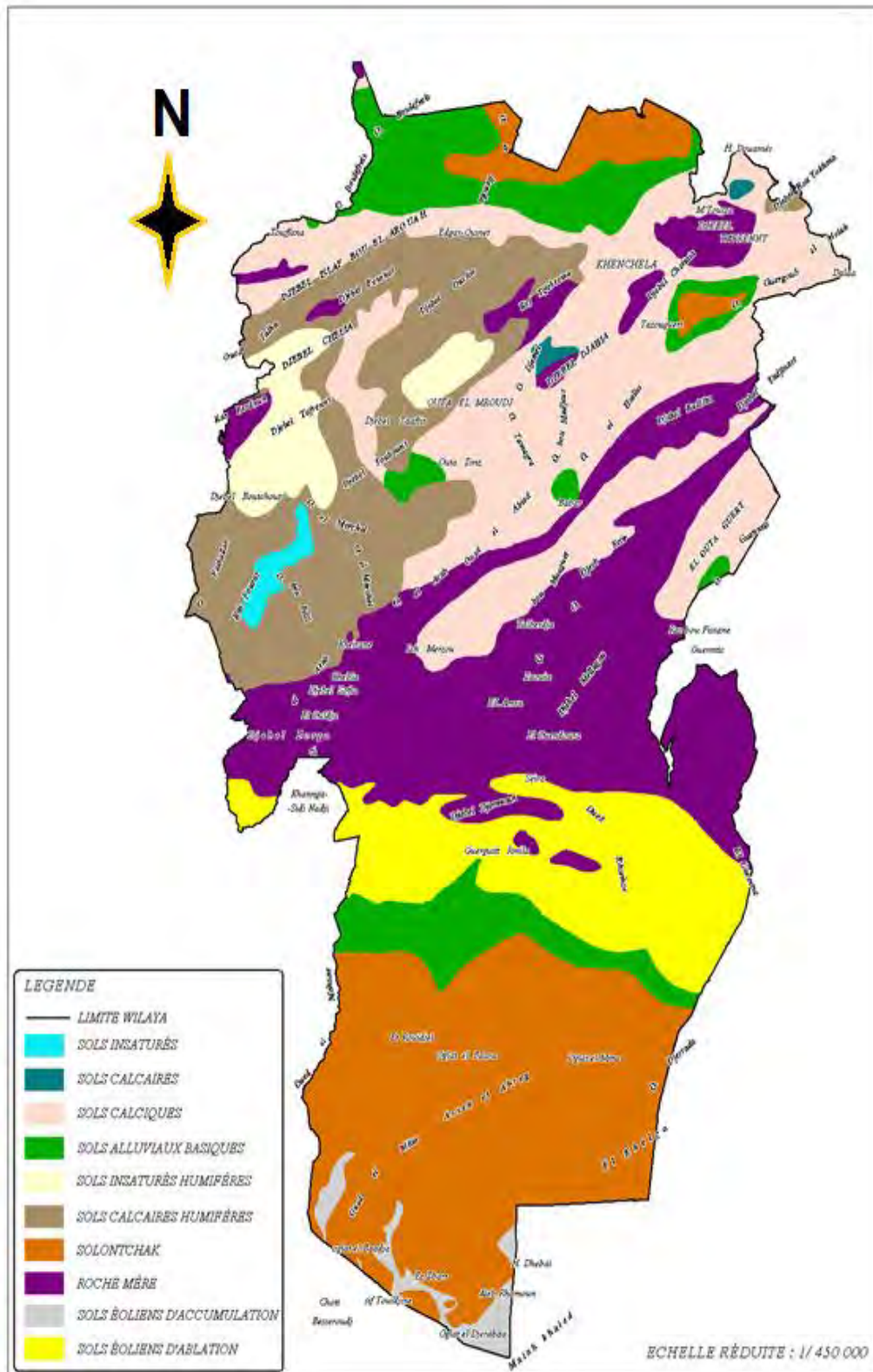
Ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est à dire les zones où la pente devient plus douce. on les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gâaret et Tarf, cuvette du bas Sahara, et la dépression de Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées de Babar, de Bouhmama et de la plaine de Guentis.

✓ ***Les sols salins ou solontchak :***

Ces sols caractérisant les dépressions sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoreïque ou de la présence de roches triasique (gypse : roche saline).

✓ *Les roches mères :*

Ces roches, résultat d'une érosion intense due a une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nementchas.



Carte 07 : la carte des classes des sols de la région de Khenchela de Durand. G. H, 1954

I.1.5. Hydrologie

La région de l'étude s'inscrit dans les limites géographiques de trois bassins versants :

- Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises, qui correspond à la partie nord de la wilaya (piémonts nord des Aurès et zone des dépressions) ;
- Le bassin versant de la Médjerdah, pour la partie nord-est correspondant aux versants sud des djebels: Chettaia, Tafrennt et Bou Tokhma, et, aux versants nord des Djebels : Tadilist et Tadjinnart ;
- Le bassin versant du Chott Melghir, pour les parties médiane et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Nemenchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présaharienne du sud. Contrairement aux deux premiers bassins précités, qui ne touchent qu'une petite partie de la wilaya, ce bassin couvre plus des trois quarts du territoire.

Concernant le réseau hydrographique, la wilaya est drainée par quelques oueds d'une importance relative et à caractère endoréique, alimentés par un chevelu très dense. Les cours les plus importants sont présentés ci-après par bassin versant (Carte 08) :

- **Le bassin versant des Hautes Plaines constantinoises :**

Ce bassin est drainé principalement par les oueds Boulefreis, Er Remila et Gueis. Ces oueds, alimentés par un chevelu très dense de petits cours d'eau, se jettent tous au niveau des dépressions (petites sebkhas) situées au nord de la wilaya. Au vu des apports pluviométriques limités dans cette zone et de la présence de formations triasiques, on déduit que le volume des écoulements est faible et que la qualité des eaux est saline ;

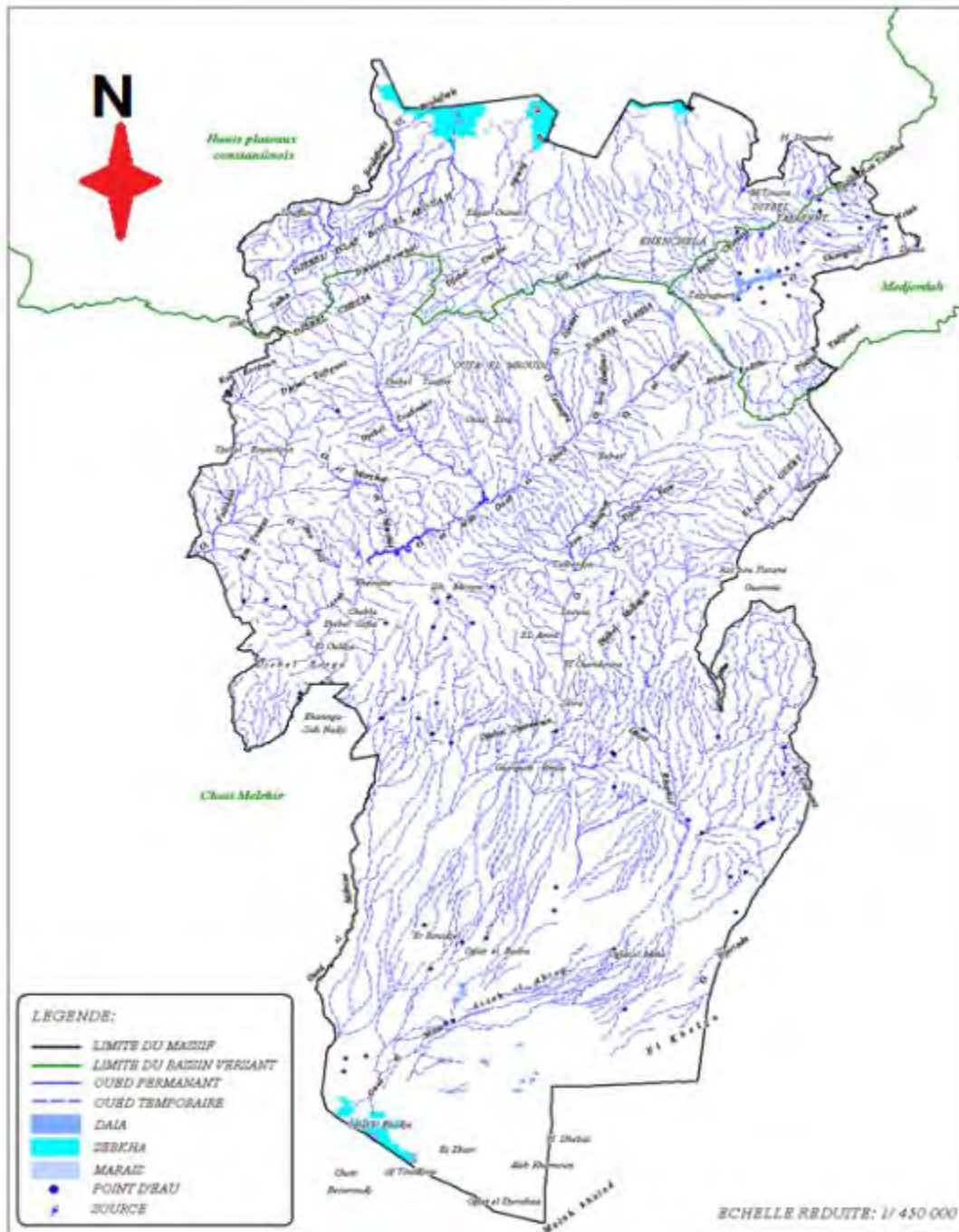
- **Le bassin versant de l'oued Medjerdah :**

Ce bassin, qui correspond à la zone de montagne et de vallée du nord-est de la wilaya, est drainé principalement par l'oued Guergoub ;

- **Le bassin versant de chott Melghir :**

Ce bassin couvre les parties médiane et sud de la wilaya, correspondant au massif des Aurès, aux monts des Nemenchas, aux vallées des oueds El Arab et Mellagou, ainsi qu'aux plaines steppiques et présahariennes du sud ; il est drainé par :

- Oued El Arab, qui est le résultat de la confluence des oueds Mellagou et El Abiod. Cet oued, qui se jette dans le chott Melghir, traverse les communes de Kheirane et El Ouldja, où il creuse de véritables canyons.
- Oued El Abiod, qui prend naissance dans les Aurès avant de confluer avec l'oued Mellagou ;
- Oued Mellagou, qui prend sa source dans les Aurès avant de confluer avec l'oued El Abiod ;
- Oued Zaouia, qui prend sa source dans les Nemenchas et qui se jette au sud dans le chott. Cet oued creuse lui aussi un véritable canyon ;
- Oued Rharhar, qui prend naissance dans les piémonts des Nemenchas à l'est, pour donner naissance plus au sud à l'oued El Mita, avant de rejoindre le chott.

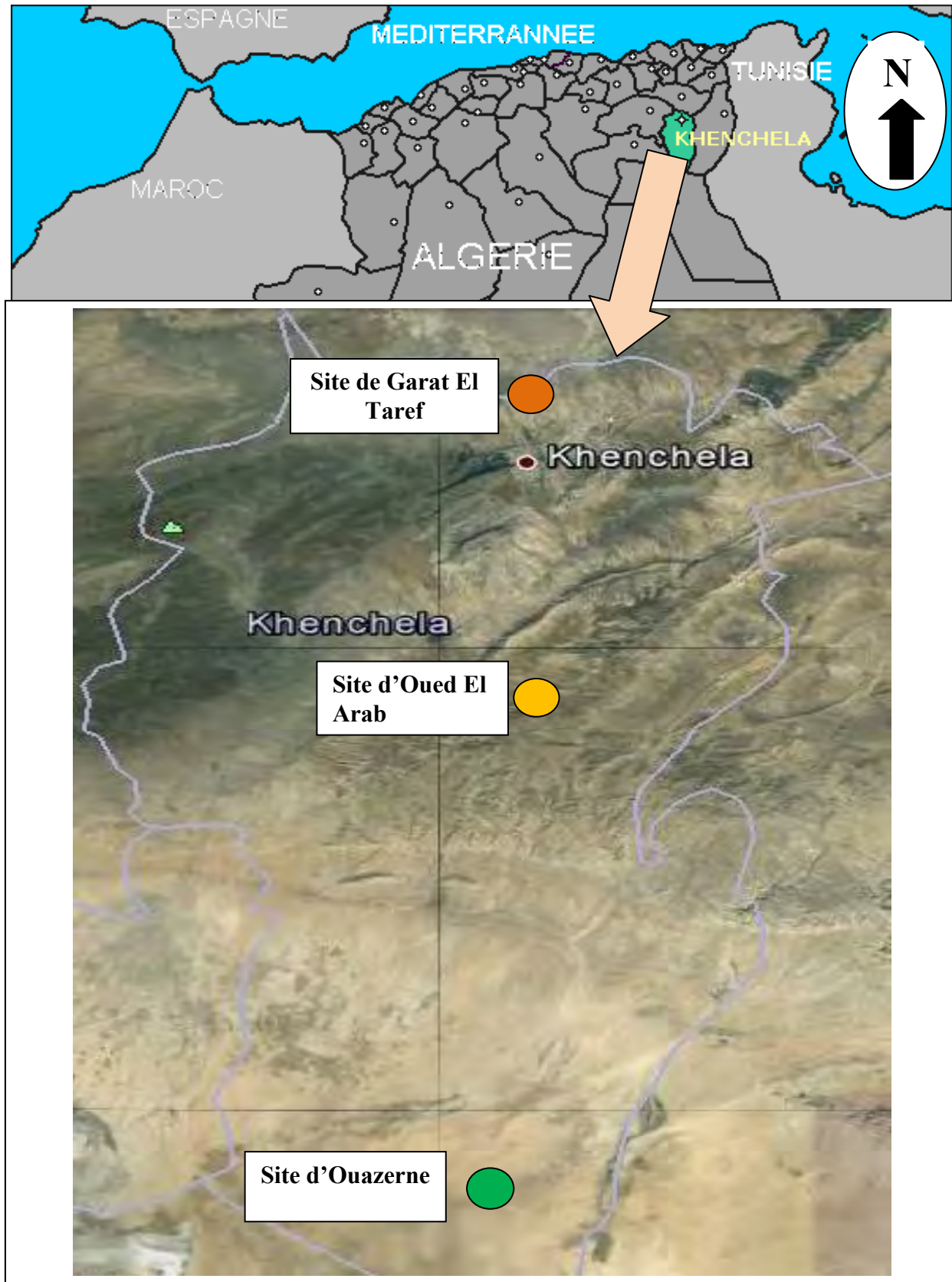


Carte 08 : la carte du réseau hydrologique de la région de Khenchela (source CENEAP P.A.D.D de la wilaya de Khenchela, 2009)

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 entre dans la commune de Babar sur Oued El Arab près du barrage de Babar ;
- Site au Sud Située dans la zone d'Ouazerne dans la commune de Babar (Carte 09).



Carte 09 : Répartition des sites d'étude à travers la région de Khenchela

I-2. Présentation des sites d'étude**I-2.1. 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.Coordonnées géographiques

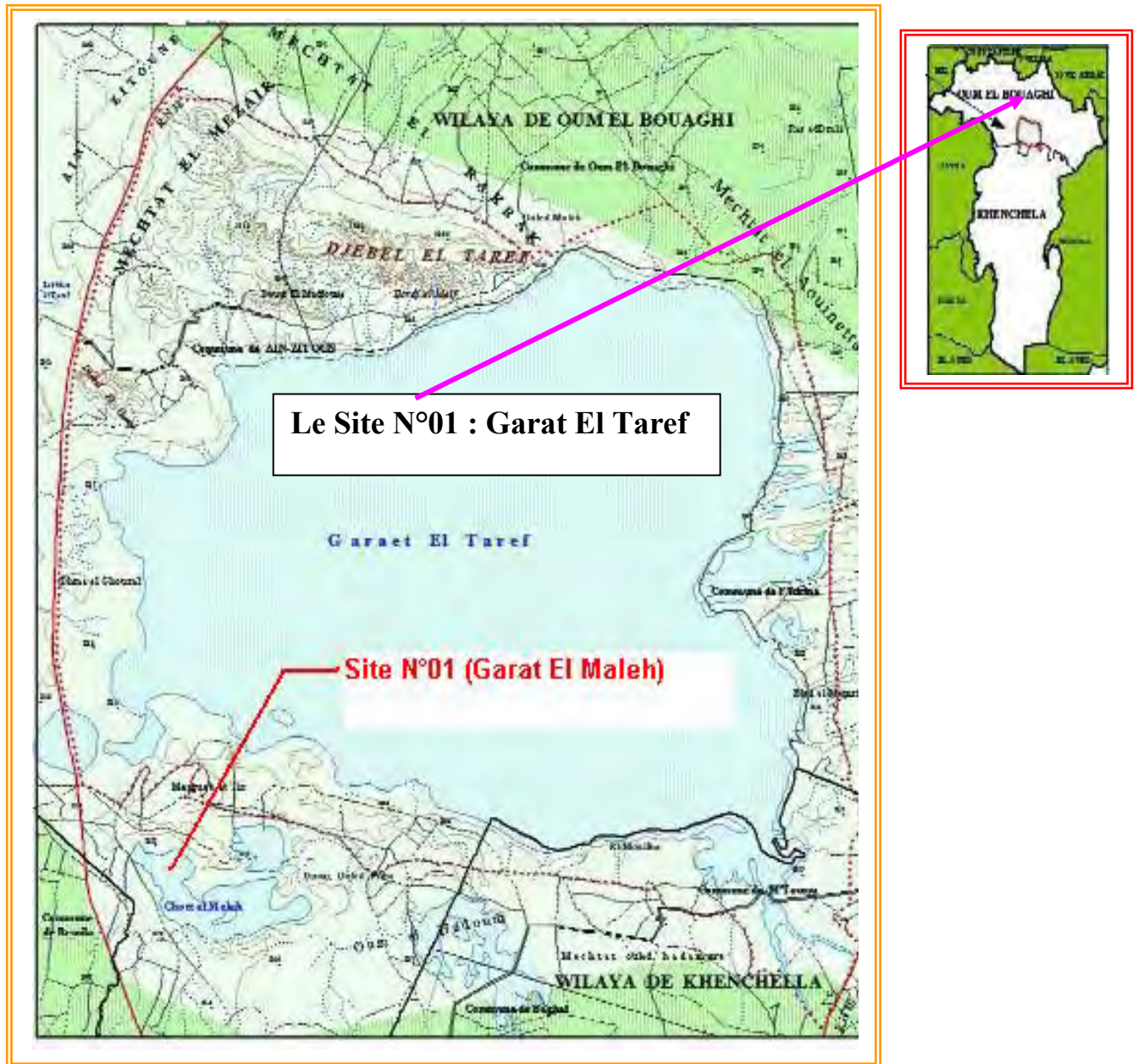
- Altitude : entre 840m et 860m
- Latitude : 35°39'33'' Nord
- Longitude : 06° 59'00'' Est

B. Situation géographique

Le site est situé presque à mi-distance entre les chefs 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 10: La situation géographique du Site N°01 (Garat El Taref) (Anonyme, 2004)

I-2.2. Site N° 02: Oued El Arab

Le site se situe dans la vallée d'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 Khenchela.

A. Les coordonnées géographiques

Altitude : 952m

Latitude : 35° 09'22'' Nord

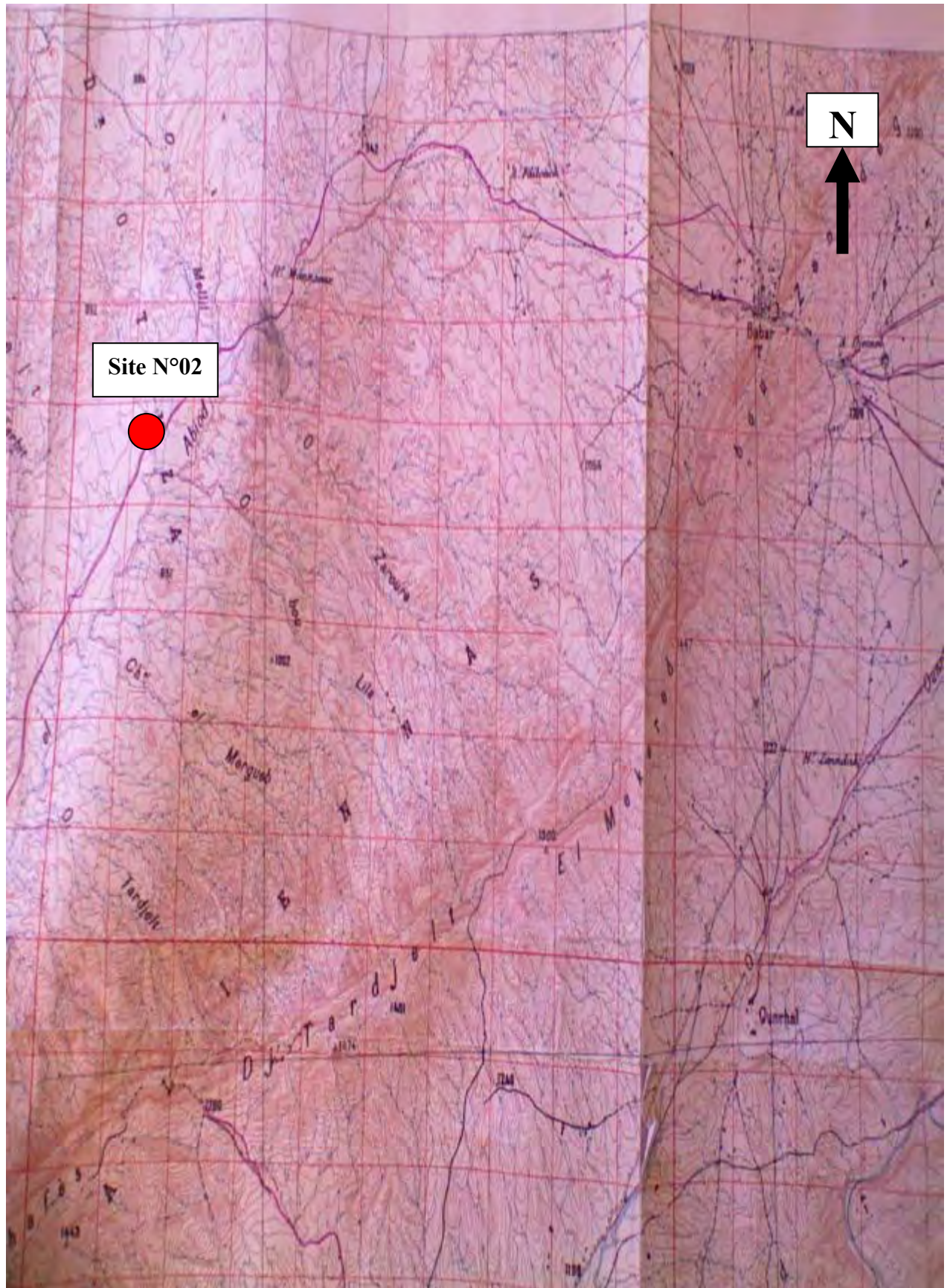
Longitude : 07° 00'50'' Est.

B. 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



Carte 11 : La position géographique du site N°02 (Oued El Arab) au 1/50000 (35° 09'22'' Nord et 07° 00'50'' Est.)

I-2.3 Site N°03 : 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 communes 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.

A. Coordonnées géographiques

Altitude : 80m

Latitude : 34° 25' 14'' Nord

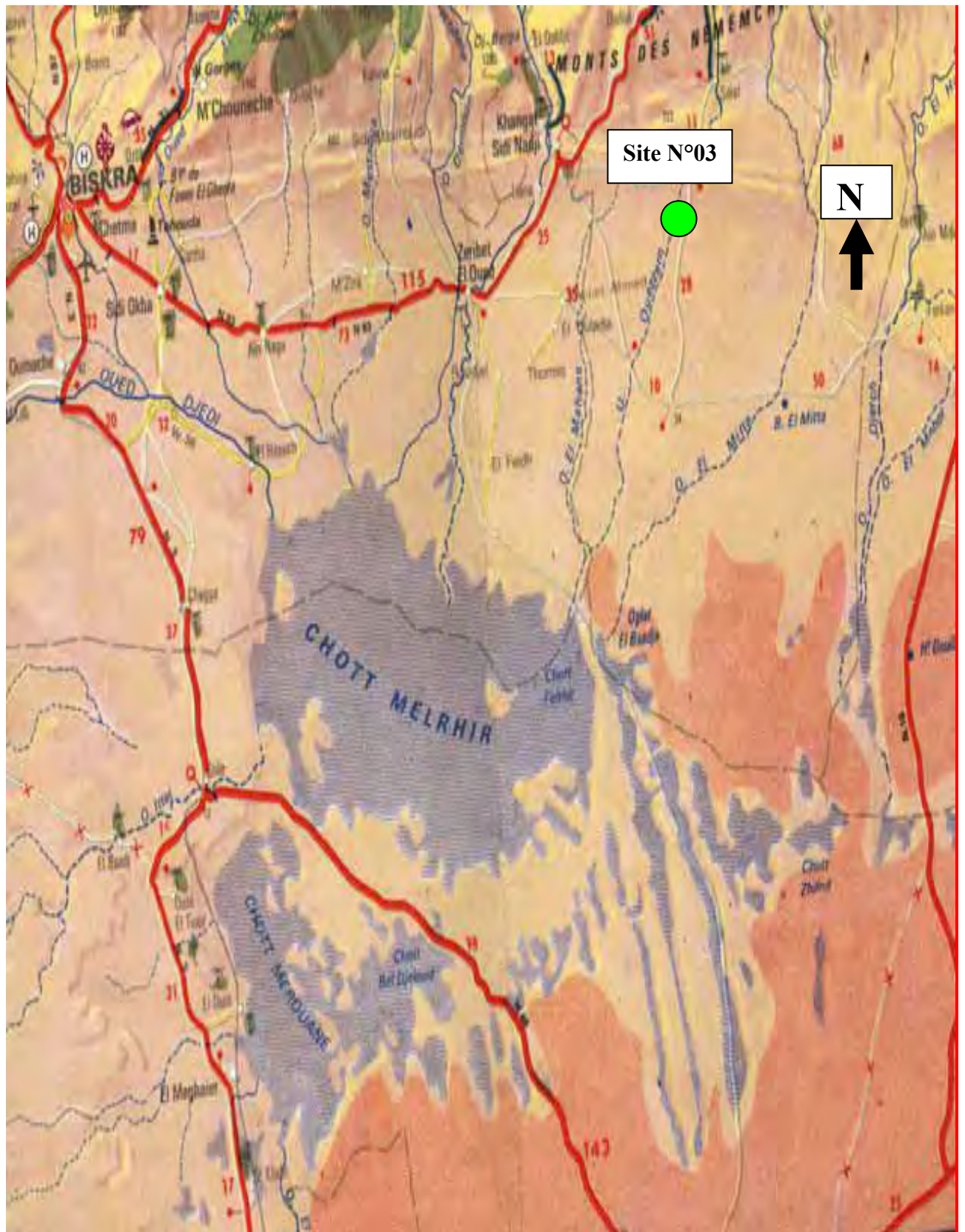
Longitude : 06° 51' 31'' Est

B. 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, 1960^a, 1960^b).



Photo 03 : Vue du site d'Ouazarne



Carte 12 : La situation géographique du site d’Ouazarne, (source Atlas des zones humides Algériennes à importance internationale 4eme édition)

I.3. Caractérisation pédologique stationnaire des sites d'étude

Concernant l'étude édaphique, les échantillons ont été prélevés juste au dessous des pieds des individus de l'espèce *Tamarix sp.*, avec un creusement dans la Rhizosphère (entre 10 à 20 cm), (Baize, 2000) ; dans les sites de Garat El Taref, Oued El Arab et Ouazerne, pour les quels nous avons étudié les paramètres suivants :

I.3. 1. Les paramètres physiques

Nous avons déterminé la structure et la texture du substrat, en utilisant les classes texturales selon les normes françaises (Afnor 1996 citée in Baize, 2000), où les résultats qui sont portés dans le tableau 01 révèlent que la texture est variable ; sablo- limoneuse à argileuse avec dominance d'éléments sablonneux avec le taux le plus élevé puis les argiles en deuxième position (Tableau 01).

paramètres	La granulométrie					La texture			
	Arg (%)	LF (%)	LG(%)	SF (%)	SG (%)	Argile En %	Limons totaux En %	Sables totaux En %	Texture
Site									
Garat El Taref	22	7	7	43	21	22	14	64	Sablo-argileuse
Oued El Arab	50	36	6	5	3	28	26	46	Sablo-limoneuse
Ouazerne	28	10	16	29	17	50	42	8	Argileuse

Tableau 01 : Les résultats de détermination de la granulométrie et la texture des sites d'étude

I.3. 2. Les paramètres chimiques

Pour les paramètres chimiques nous avons déterminé les paramètres suivants : Le pH, La conductivité électrique, le taux de calcaire actif, le taux de calcaire total et la matière organique ; pour les quels nous avons basé sur les tableaux et les échelles cités in (Baize, 2000) (Tableau 02).

Paramètre	pH	La conductivité électrique en mS./cm	Taux du calcaire total en (%)	Taux du calcaire actif en (%)	Taux de la matière organique (en %)
Site					
Garat El Taref	8.55	3.62	49.66	8.5	4.64
Oued El Arab	7.93	2.42	37.73	10	4.3
Ouazerne	7.87	1.6	24.72	17.5	3.27

Tableau 02 : Les résultats de détermination des paramètres chimiques des sites d'étude

Les résultats obtenus (Tableau 2) montrent que 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 ce 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%

I-4. Conclusion

L'étude du milieu physique nous a reflété que la zone d'étude représente une différence très importante entre les trois sites étudiés, du point de vue du relief, édaphique et 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 climatologique

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 03)

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 18 ans (1995-2012) 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	1995-2012
Babar	35°13'N	07°00'E	984m	1995-2012
Biskra	34°48'N	05°44'W	84m	1995-2012

Tableau 03 : 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), (Khachtane, 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 04 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 1995-2012 est extrêmement irrégulière d'une année à l'autre.

La comparaison des 18 années par rapport à la moyenne de la série d'observation, permet d'observer que :

- Les moyennes annuelles de Huit ans sont inférieures à la moyenne de la série d'observation qu'est de 495,9 mm avec une valeur minimale de 312mm enregistrée en 2000;
- Les moyennes de Dix ans sont supérieures à la moyenne de la série, avec un maximum de 646 mm pour l'année 2008 (figure 01).

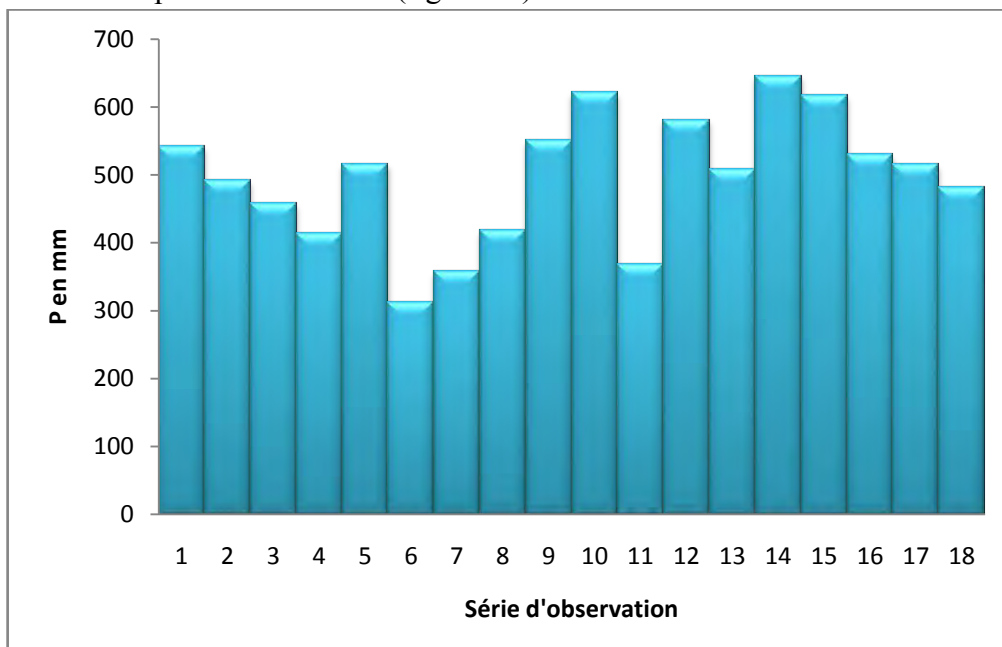


Figure 01 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station d'El Hamma (période 1995-2012)

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 405mm.

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

- Seulement les moyennes de Six 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)

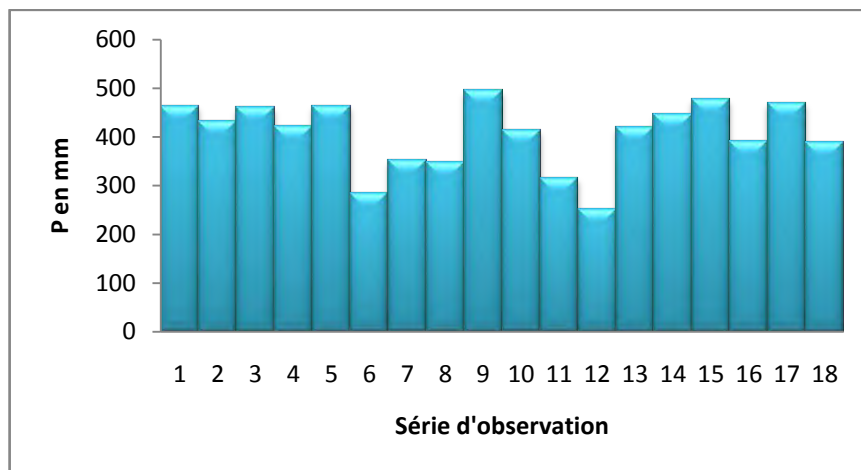


Figure 02 : Variation inter-annuelle des précipitations à la station de Babar (période 1995-2012)

C) à la station de Biskra

Suivant les résultats figurant dans le Tableau 04, 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 124.11mm sur 18 ans, où on observe que :

- Seulement les moyennes de Huit 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)

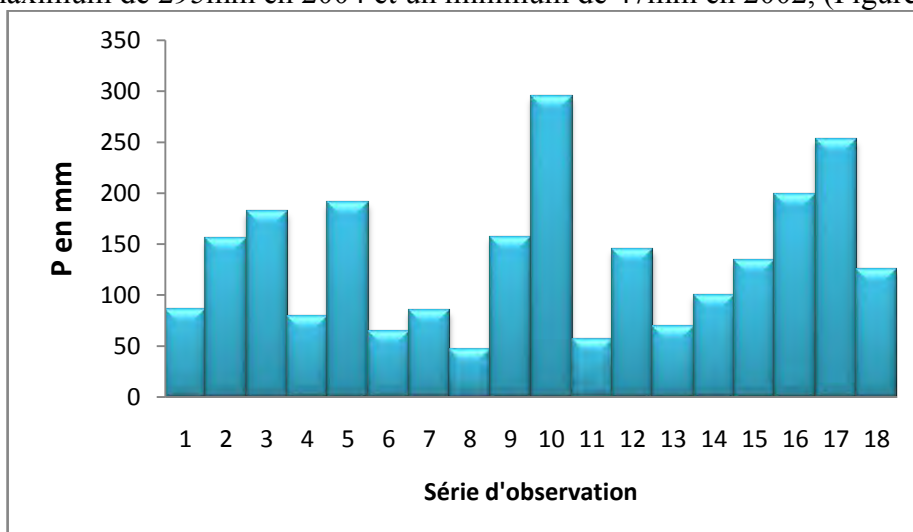


Figure 03 : Variation inter-annuelle de précipitation à la station de Biskra (période 1995-2012)

Station Ans	El Hamma	Babar	Biskra
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
2008	646	445,3	100.09
2009	617	477	133.61
2010	529	390	198.88
2011	515	470	252.72
2012	482	389	125.98
Moy. Série	495.9	405	124.11

Tableau 04 : Moyennes mensuelles des Précipitations aux stations : d'El Hamma de Babar et de Biskra (période 1995-2012, source : les stations météorologiques d'El Hamma, Babar et Biskra) (source: les données des 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 précipitations 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 classés en fonction de valeurs représentées dans le Tableau 03 pour les trois stations :

Saison \ Station	H	P	E	A
El Hamma	114,13	164,16	88,70	129,90
Babar	112,02	100,57	80,55	112,74
Biskra	39,77	28,46	15,49	40,40

Tableau 05 : Le régime saisonnier des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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 164.16 mm, puis l'Automne avec 129,90 mm, l'Hiver avec 114.13 mm et en fin l'Eté avec 88. 70 mm donc nous avons un régime saisonnier de type PAHE (Figure 04).



Figure 04 : Le régime saisonnier des précipitations à la station d'El Hamma- (période 1995-2012)

A) 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 112,74mm, l'Hiver avec 112,02 mm, le Printemps avec 100,57mm et la saison La plus sèche c'est l'Eté avec 80,55mm, donc le régime saisonnier est de type AHPE, (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.

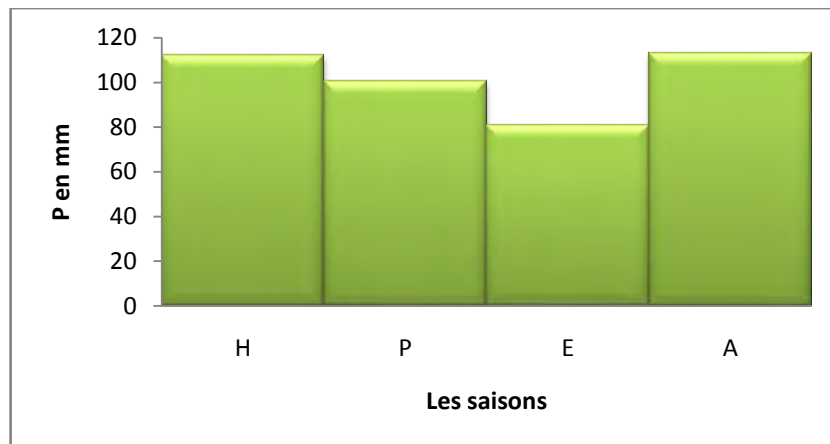


Figure N°05 : Le régime saisonnier des précipitations à la station de Babar (période 1995-2012)

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 AHPE : avec la plus grande valeur en Automne (40,40mm) et la plus faible valeur en Été (15,49mm).

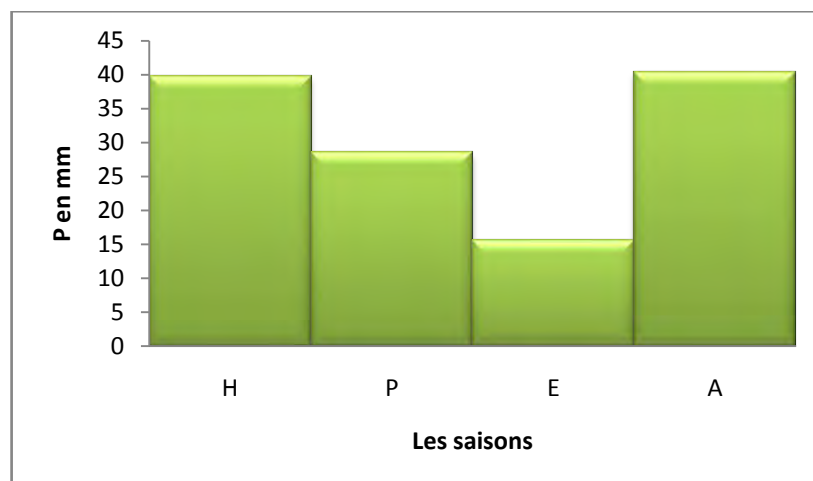


Figure 06 : Le régime saisonnier des précipitations à la station de Biskra (période 1995-2012)

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 (1995-2012), 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 : Les mois les plus humides sont Avril avec 58,93mm et Septembre avec 55,96mm pour la station d'El Hamma, le mois le plus humide à la station de Babar est le Mois de Novembre avec 59,43mm, 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, qu'est représenté par le mois de Juillet respectivement à El Hamma, et Biskra : 18,83mm, et 0,46mm respectivement et le mois d'Aout pour la station de Babar avec 14,73mm (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 06 et les Figure 07 montrent que les moyennes pluviométriques mensuelles de la série (1995-2012) varient extrêmement dans les trois stations selon l'altitude, l'exposition aux vents humides l'alignement Nord-Sud.

Mois Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
El Hamma	48,78	28,85	40,05	58,93	65,18	31,17	18,83	38,70	55,96	40,04	33,90	35,50
Babar	26,96	24,19	42	34,38	27,8	31	21,75	14,73	54,56	42,74	59,43	25,63
Biskra	20,43	6,449	12,89	18,21	7,189	4,052	0,462	3,605	12,42	7,346	19,92	13,13

Tableau 06 : Les valeurs du régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

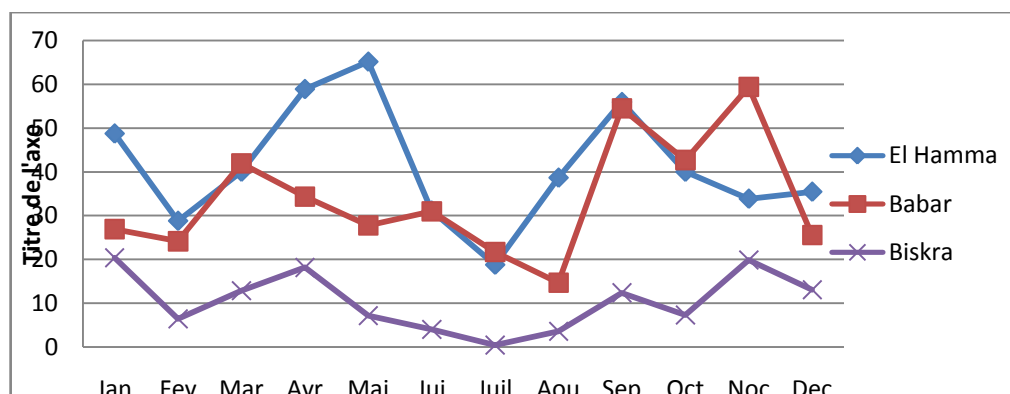


Figure 07: Le régime mensuel des précipitations aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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 07 et la Figure 08, pour chaque mois de la période allant de 1995 à 2012.

Mois \ Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
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 07 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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.

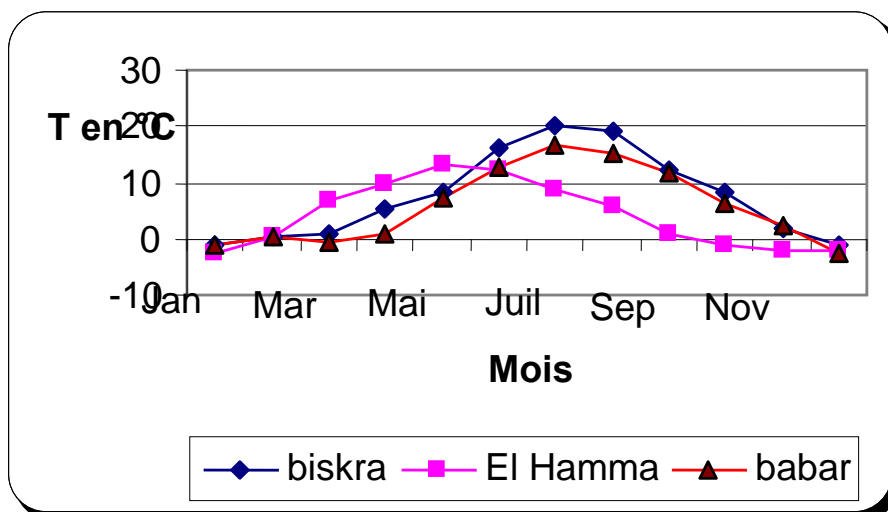


Figure 08 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures minimales absolues aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

II.2.2.2. Les températures maximales absolues:

Les valeurs des températures maximales absolues représentées dans le Tableau 08 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 \ Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
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 08: Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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

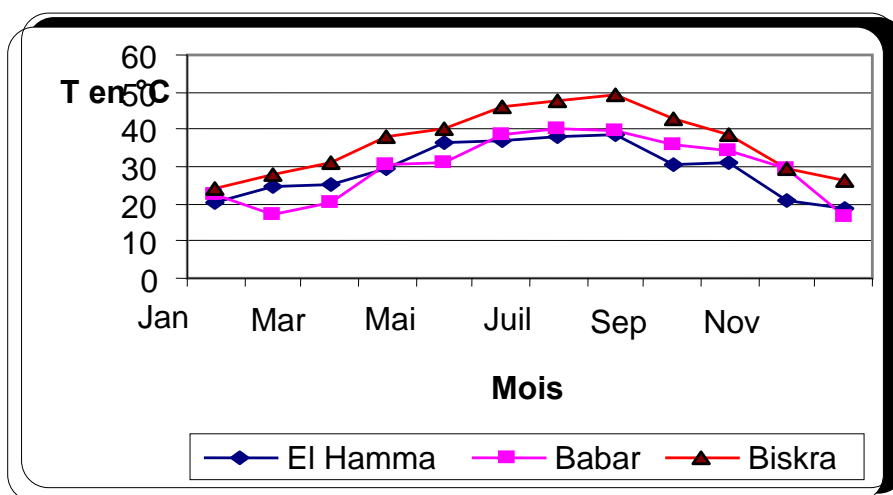


Figure 09 : Les valeurs des moyennes mensuelles de températures maximales absolues aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1999-2012)

II.2.2.3. Les températures moyennes minimales mensuelles:

Les résultats d’enregistrement des températures moyennes minimales mensuelles représentées dans le Tableau 09 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 09 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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.

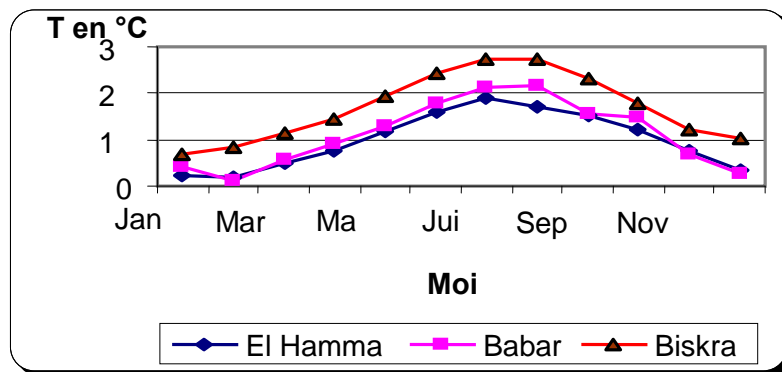


Figure 10 : Les valeurs des températures moyennes minimales mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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 10 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 10: Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

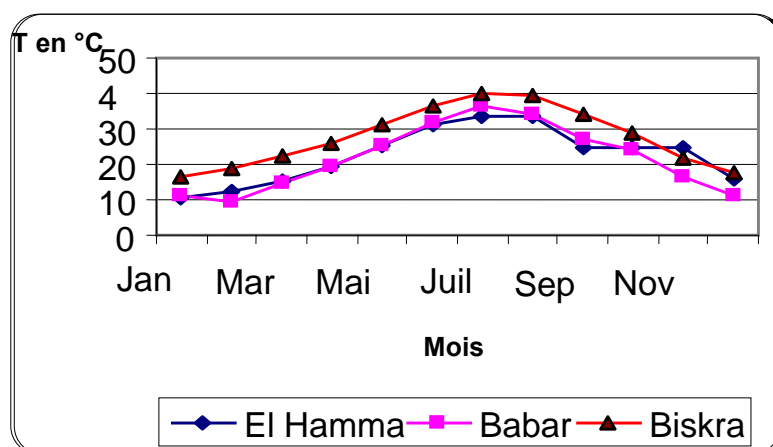


Figure 11 : Les valeurs des températures moyennes maximales mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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 11 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 \ Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec
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 11 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

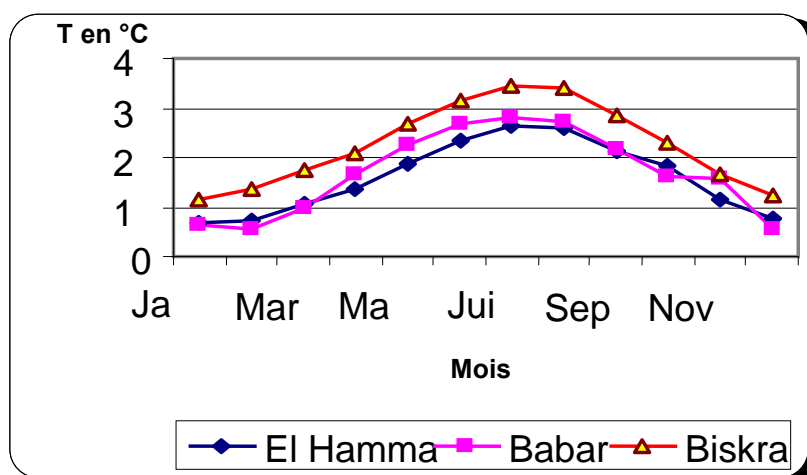


Figure 12 : Les valeurs des températures moyennes mensuelles aux stations d’El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

Les valeurs maximales des températures moyennes mensuelles sont enregistrées pendant le mois dans les trois stations, avec toujours, la valeur supérieur 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 12 : 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 12 : Les valeurs de l'amplitude thermique aux stations d'El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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.

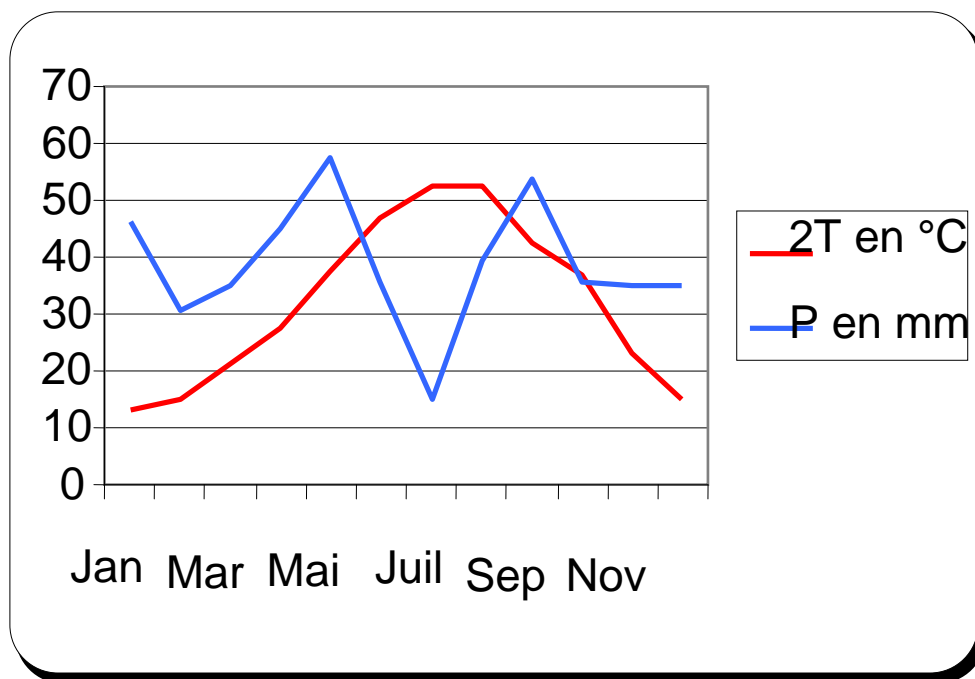


Figure 13 : Diagramme ombro-thermique à la station d’El Hamma (période 1995-2012)

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)

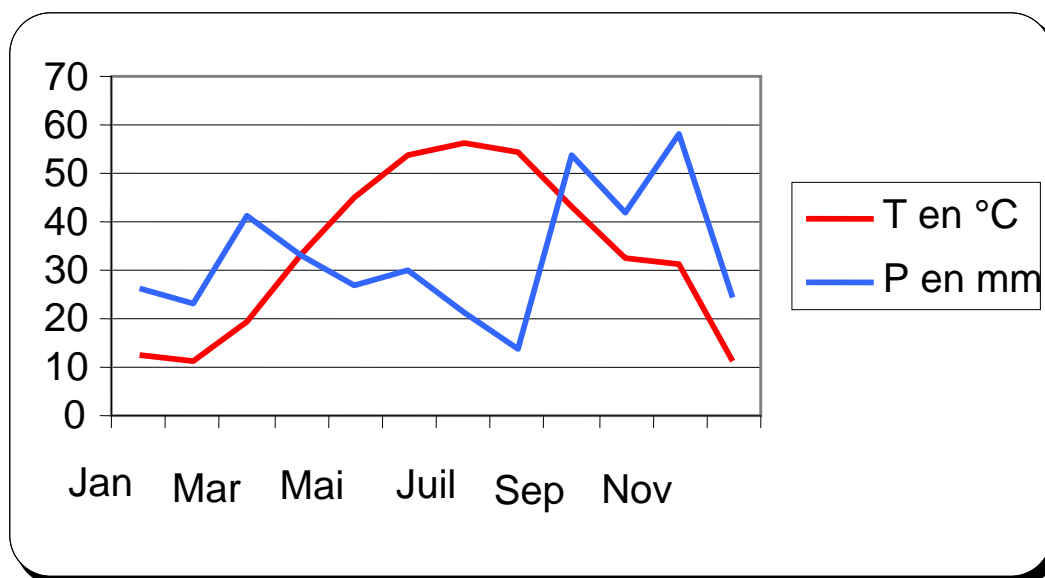


Figure 14 : Diagramme ombro-thermique à la station de Babar (période 1995-2012)

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

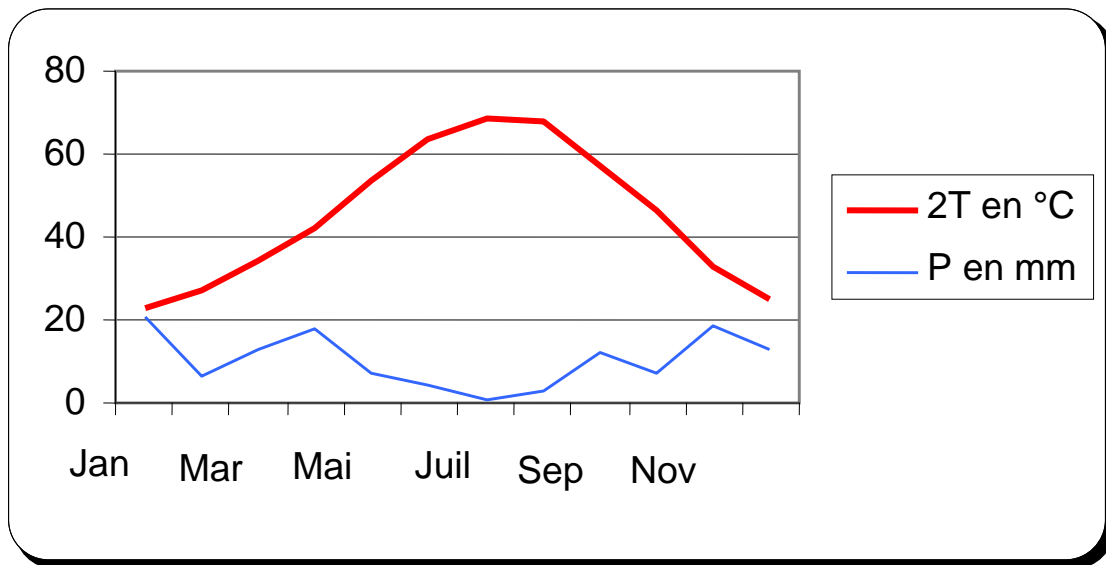


Figure 15 : Diagramme ombro-thermique à la station de Biskra (période 1995-2012)

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 13)

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 (°K)	M (°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 13: Les valeurs du quotient pluviométrique d’EMBERGER aux stations de El Hamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

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

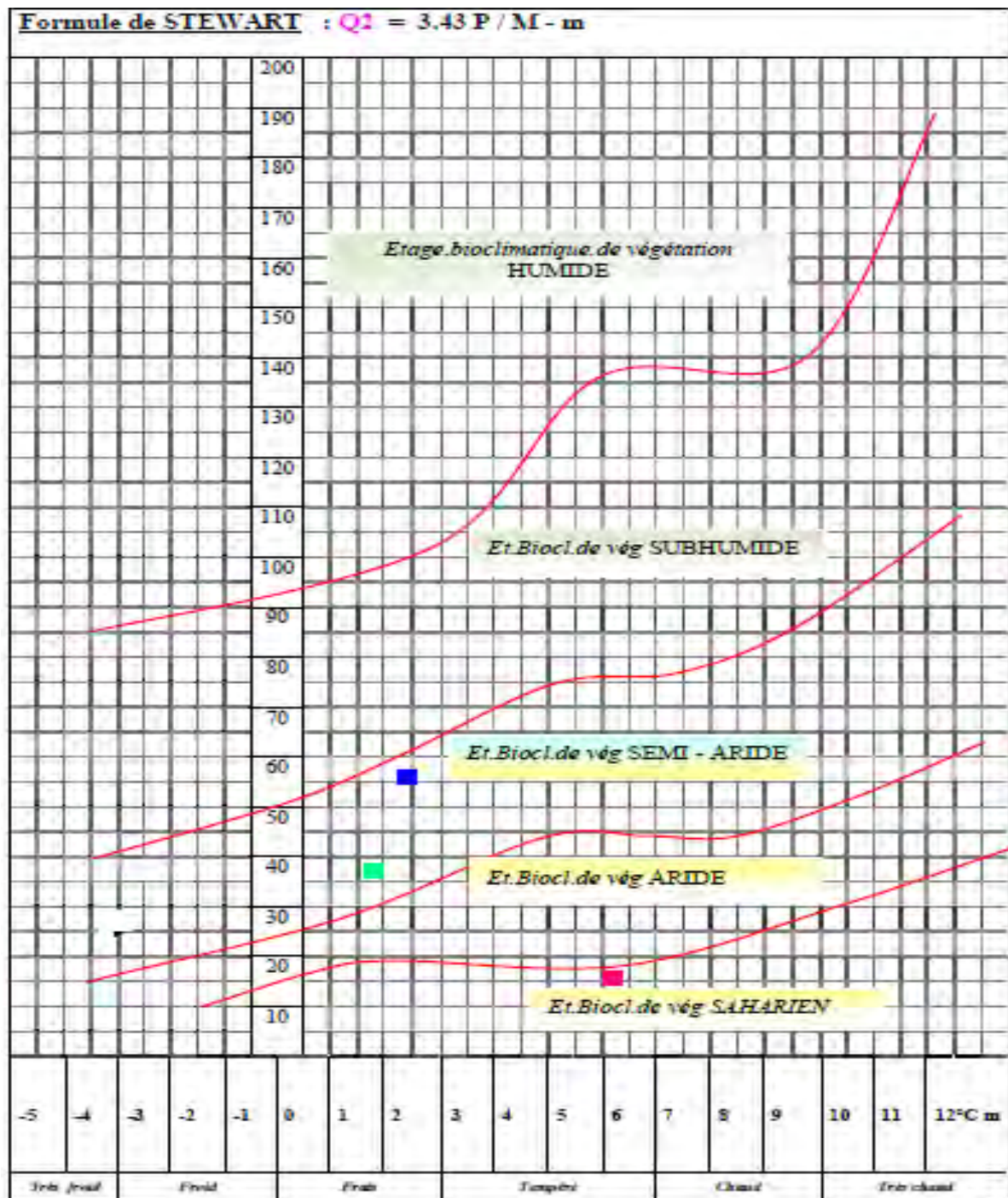


Figure 16 : Le climagramme d'EMBERGER des stations : d' Elhamma, de Babar et de Biskra (période 1995-2012)

Mois / Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Noc	Dec	Total
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 14 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle (en mm) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)

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 14 et la figure 17 nous permettent d'observer que les valeurs de l'ETP sont extrêmes le long des mois D'Été 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.

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 précipitations 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.

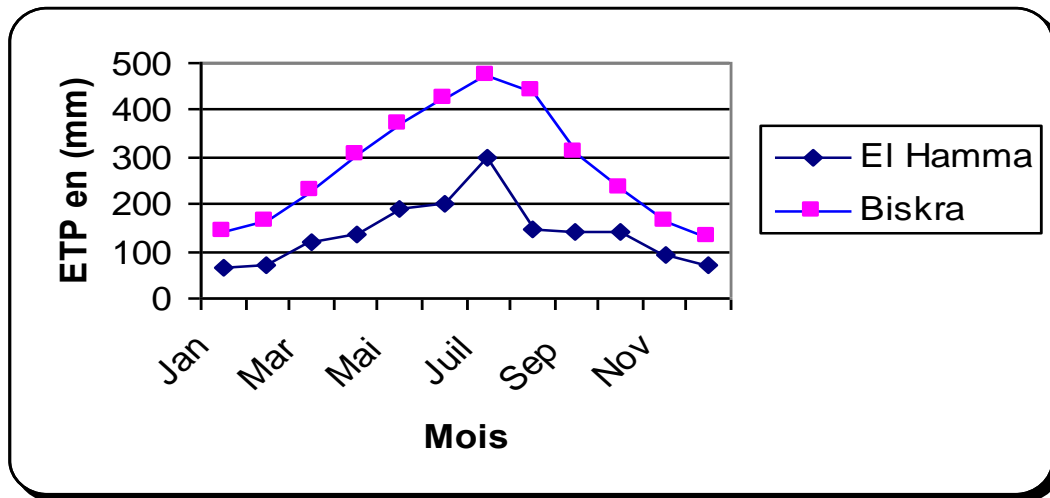


Figure 17 : Les valeurs mensuelles de l'évapotranspiration potentielle(en mm) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)

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
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 15: Les valeurs mensuelles de l’humidité relative (en %) aux stations de Biskra et d’El Hamma (période 1995-2012)

Les résultats de ce paramètre porté dans le Tableau 15 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.

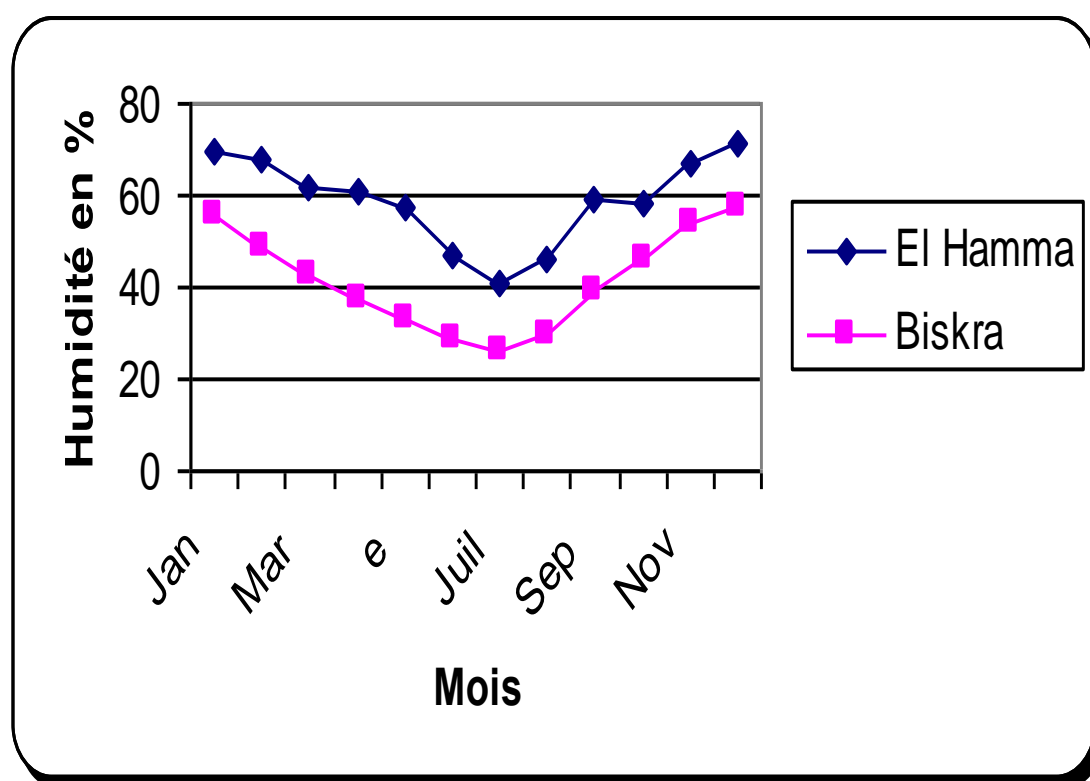


Figure 18 : Les valeurs mensuelles de l’humidité relative (en %) aux stations de Biskra et d’El Hamma (période 1995-2012)

II.4. 3. Les vents

Mois \ Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Ma	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
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 16 : Les valeurs mensuelles de la vitesse des vents (en m/s) aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)

Les valeurs de la vitesse moyenne des vents, (Tableau 16 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.

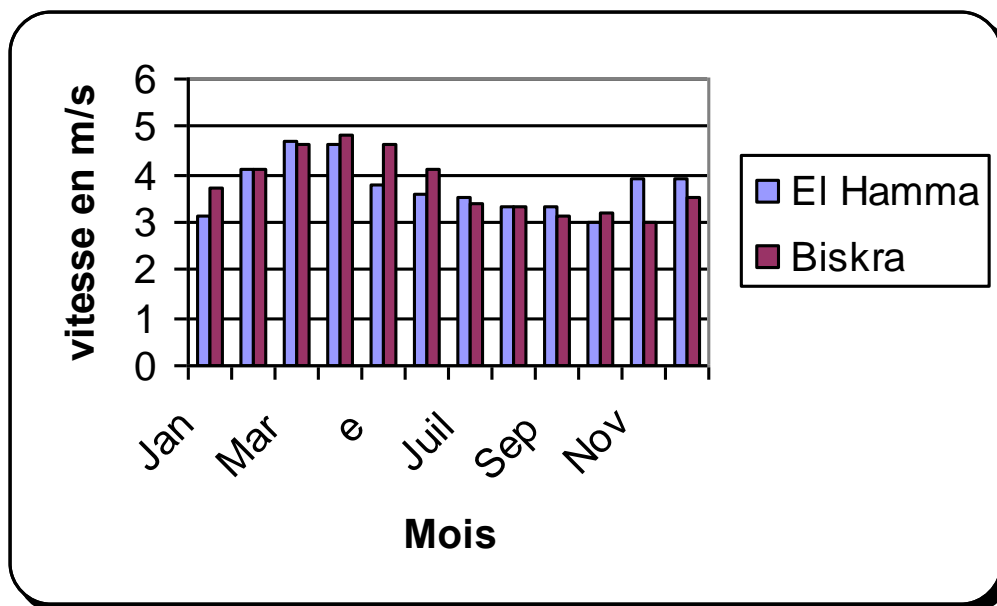


Figure 19 : Les valeurs mensuelles moyennes de la vitesse des vents aux stations de Biskra et d'El Hamma (période 1995-2012)

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'éclairement 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 17.

Mois Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	total
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 17 : 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 toute la journée si on considère la durée du jour est de 360 heures, avec une moyenne mensuelle de 277.5 heures Soit 77% de 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 stations 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 à 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).

PARTIE II

Presentation du genre Tamarix

CHAPITRE III

Biologie et Ecologie du Tamarix sp.

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. 20 et 21, 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.

III.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 repartaient 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)

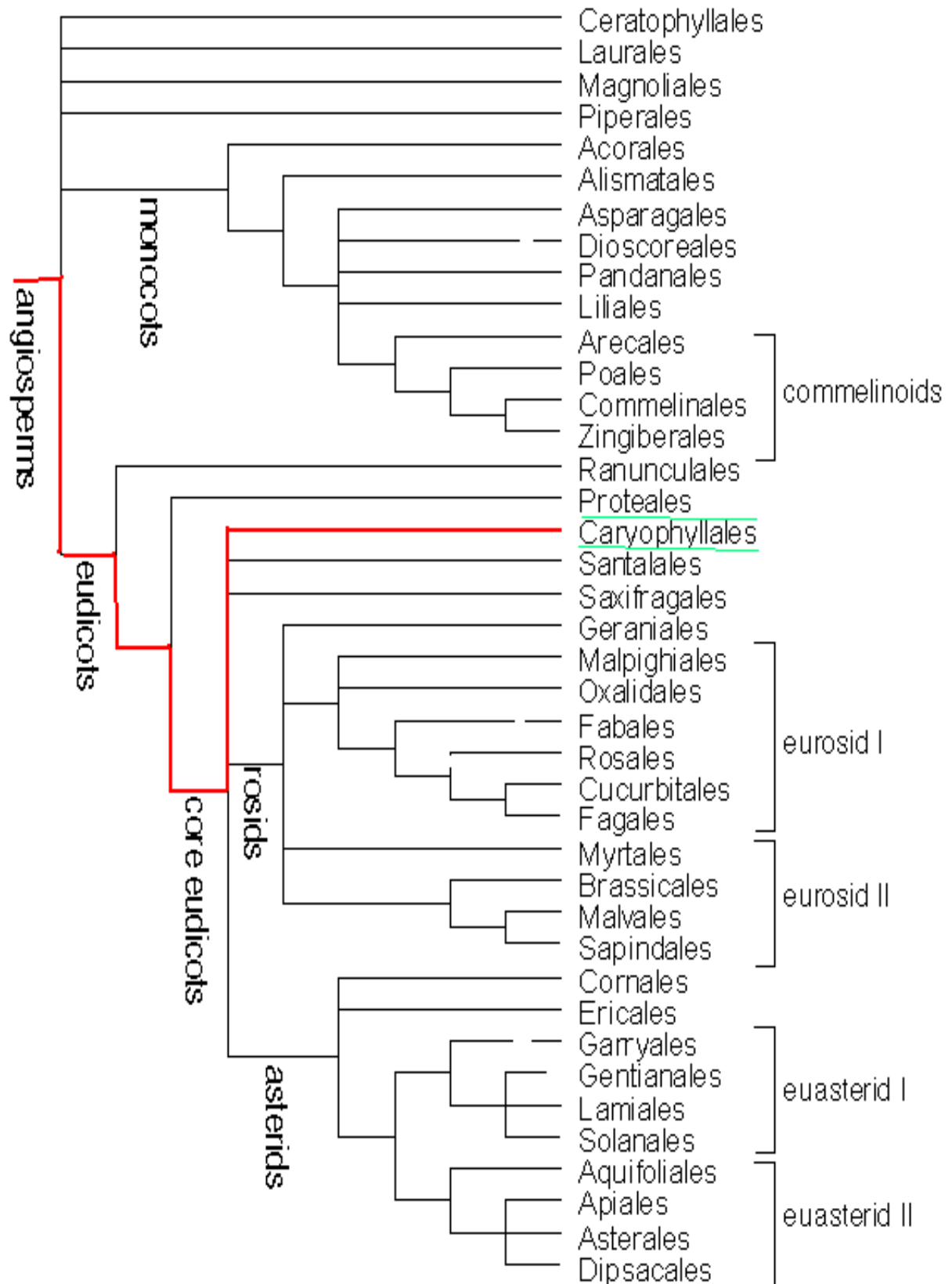


Figure 20: Position du clade des Caryophyllales dans les Angéospermes selon la classification angiosperms phylogeny group 2003 (APG 2003)

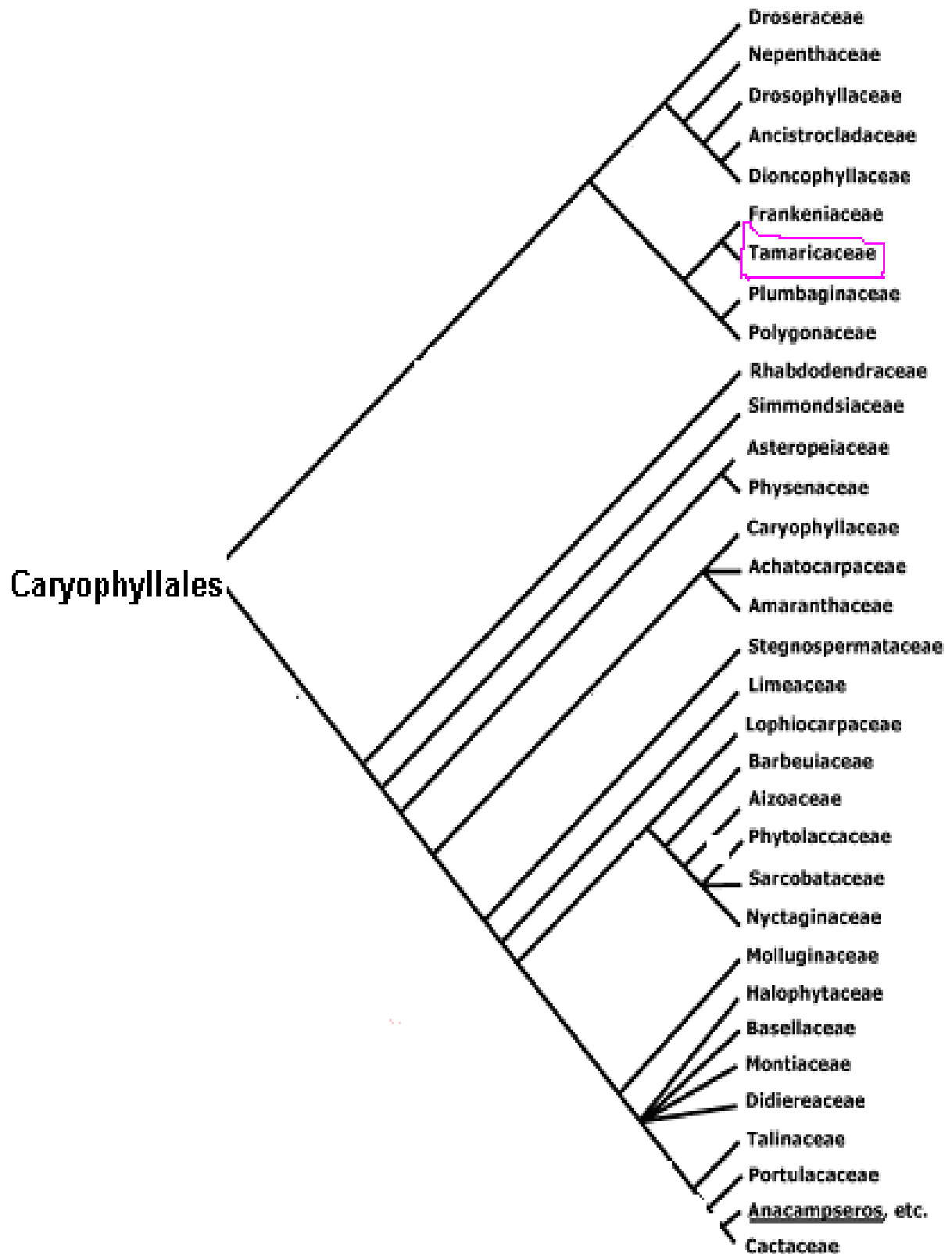


Figure 21: Position de la famille *Tamaricacée* dans le clade des Caryophyllales selon la classification angiosperms phylogeny group 2003 (APG 2003)

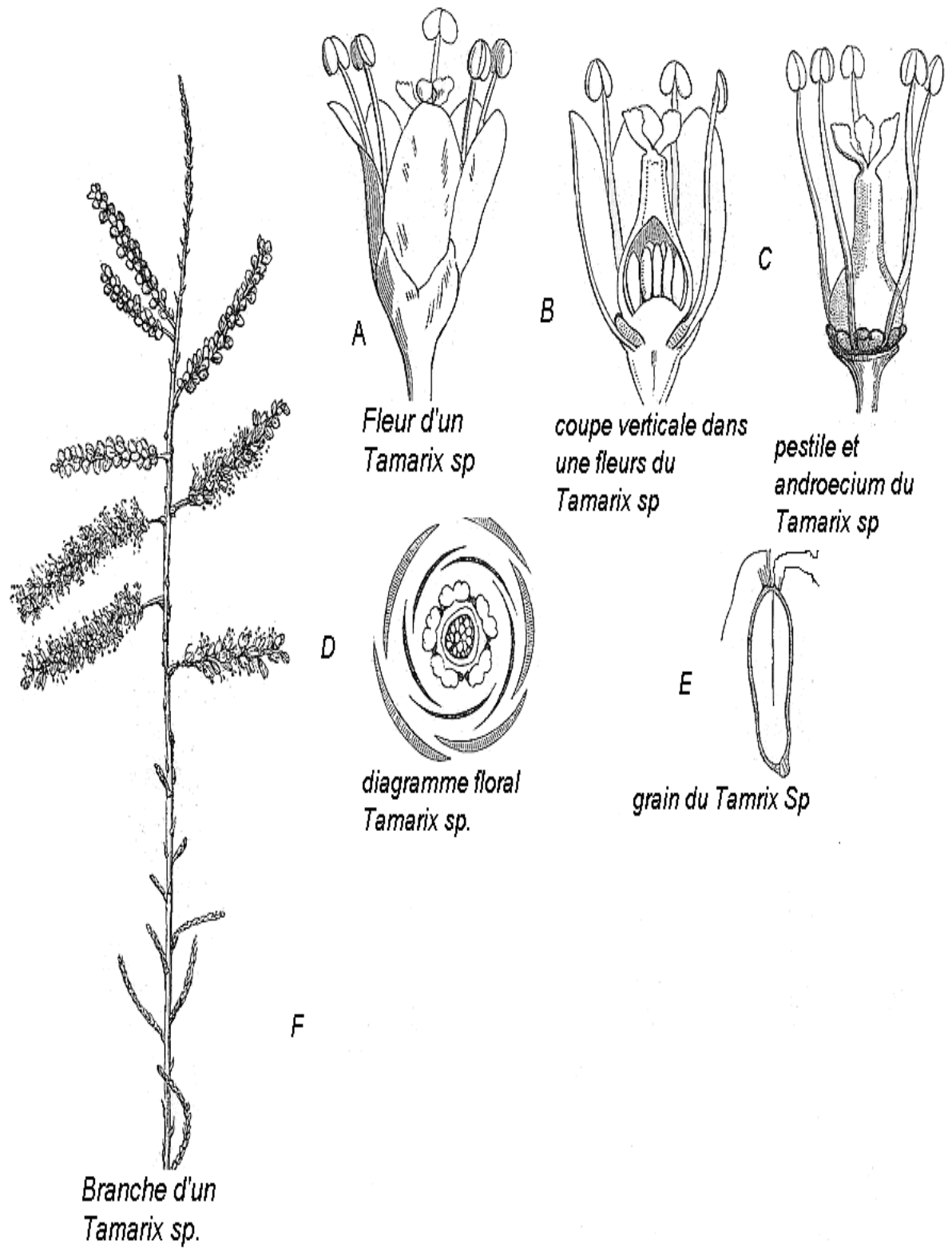


Figure 22: Les principaux caractères botaniques de la famille des *Tamaricacées*

III.2. Description du genre *Tamarix***III.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).

III.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

III.2.3. Taxonomie du genre *Tamarix***III.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

Figure23: La taxonomie du genre *Tamarix* selon la angiosperms phylogény group 2003 (l'APG 2003)

III.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 citron : 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.

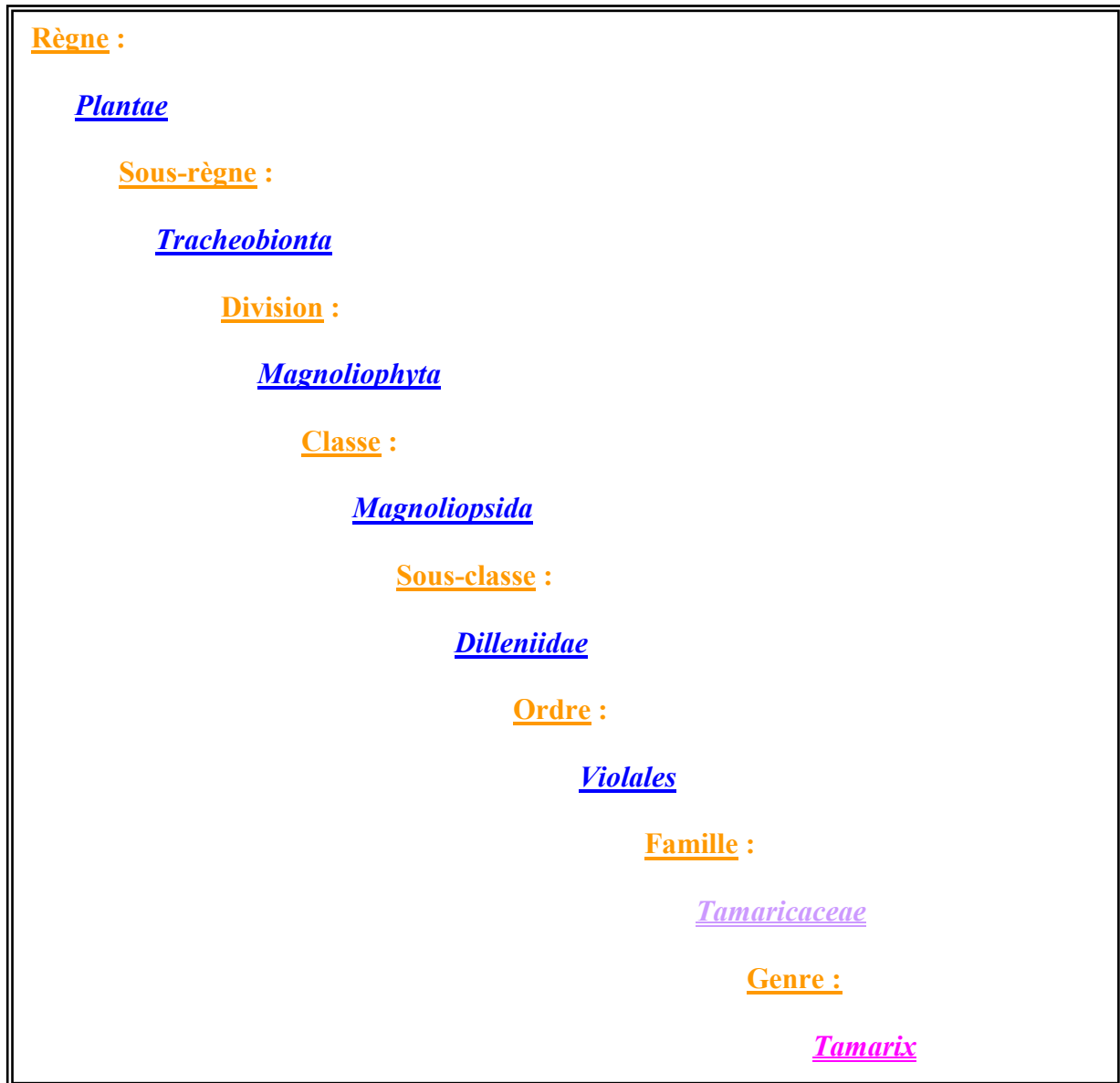
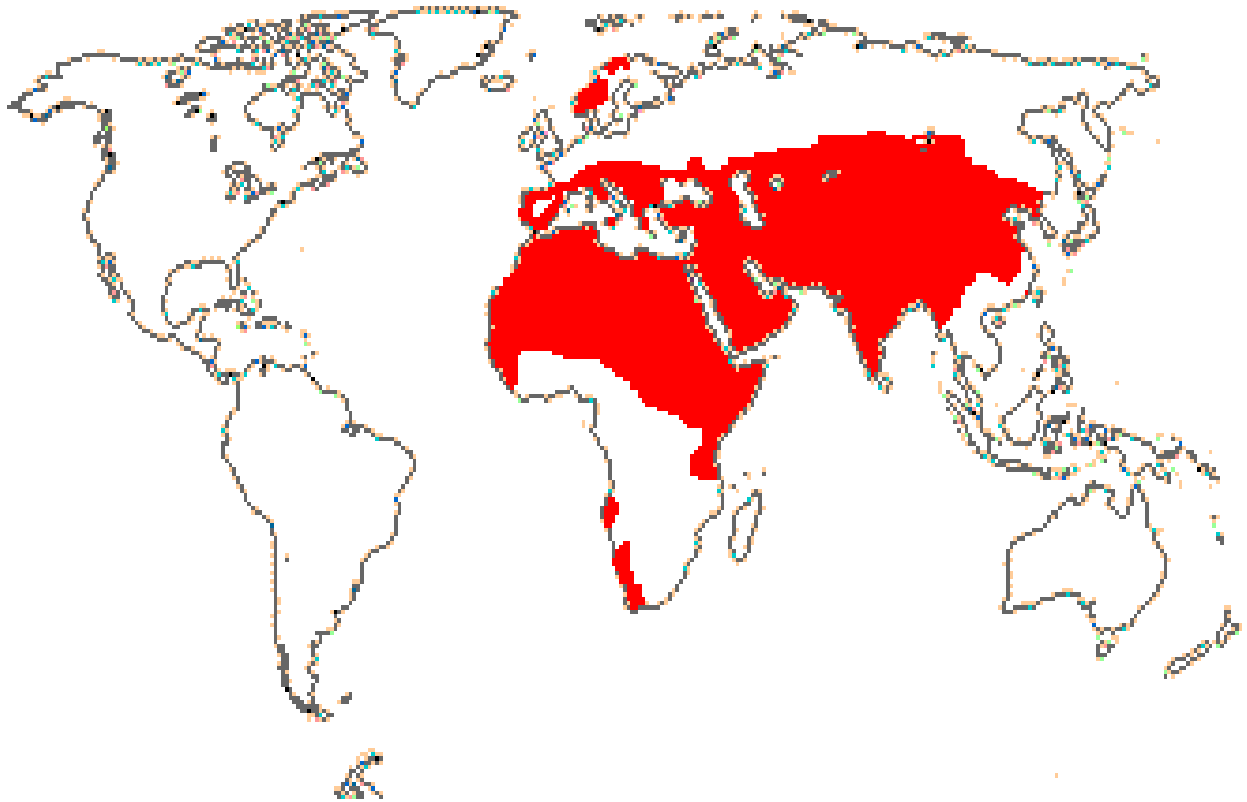


Figure 24: La classification classique du genre *Tamarix* (classification de Cronquist, 1981)

III .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 13). Les espèces du *Tamarix* sont considérées comme espèces envahissantes en Amérique du Nord et l'Australie (Nelroy E. Jackson, 1996).



Carte 13 : L'aire d'origine de répartition du genre *Tamarix* selon (Nelroy E. Jackson, 1996).

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

III.3. 1. Les caractères botaniques :

III.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).

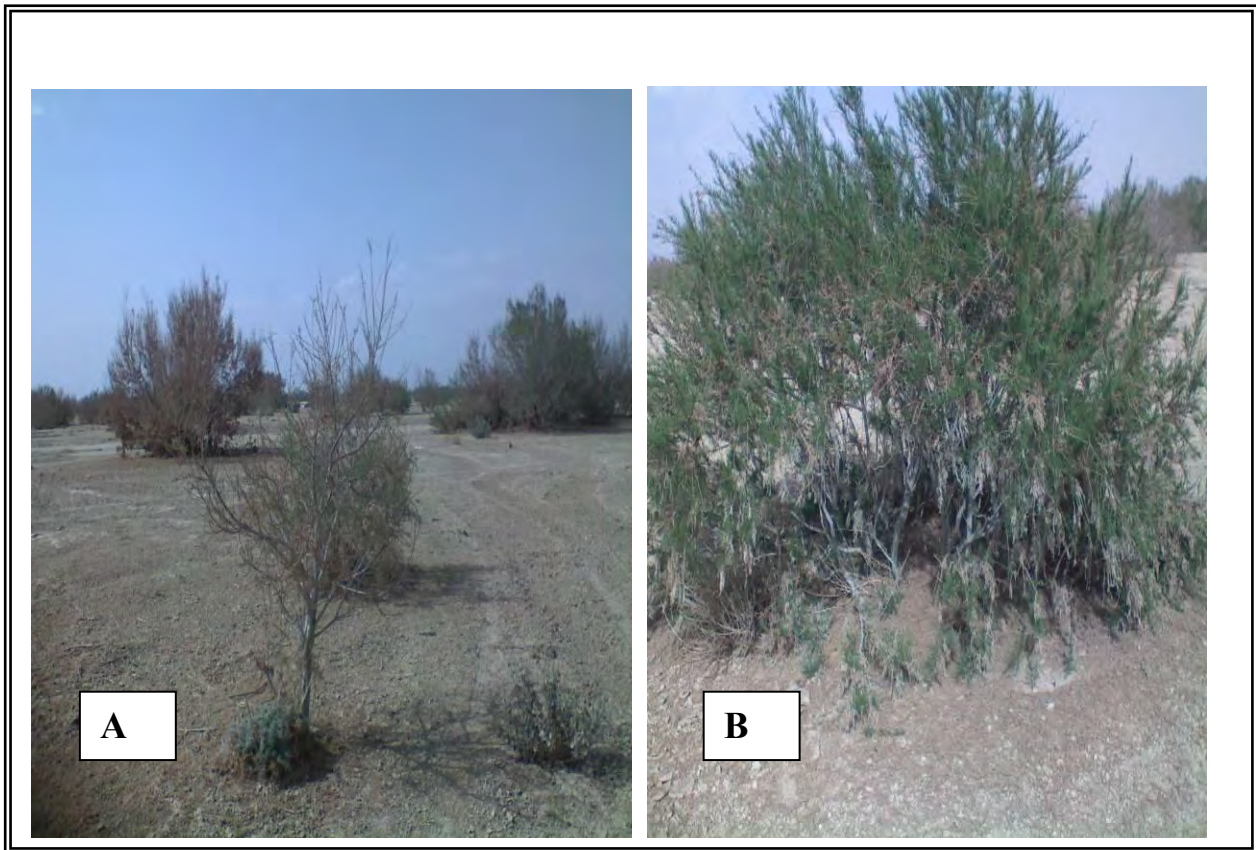


Photo 04 : Les deux formes de croissance chez le *Tamarix* sp. ;A : forme normale, B :forme ramifiante (site d'Ouazerne)

III.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)

III.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).

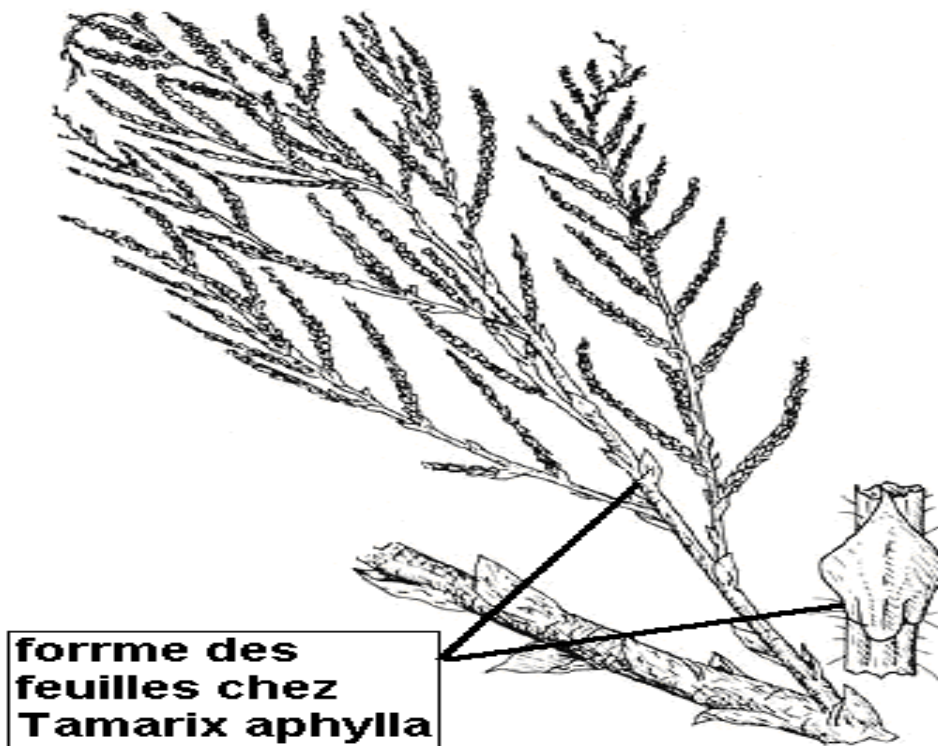


Figure 25: Forme de feuilles formant un fourreau autour de rameau chez *Tamarix aphylla*
(source Jessop J.P. et Toelken H.R. (Ed.) 1986. Flora of South Australia)

- 2- feuilles étroites ou larges, embrassant le rameau, mais ne l'entourant pas complètement :
 - 2.1- Feuilles larges très embrassantes, imbriquées, 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 aigüe 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)

III.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. 26) :

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 sécréteuses ;

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

Les parois des cellules sécréteuses 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 sécréteuses 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 mésophyllien.

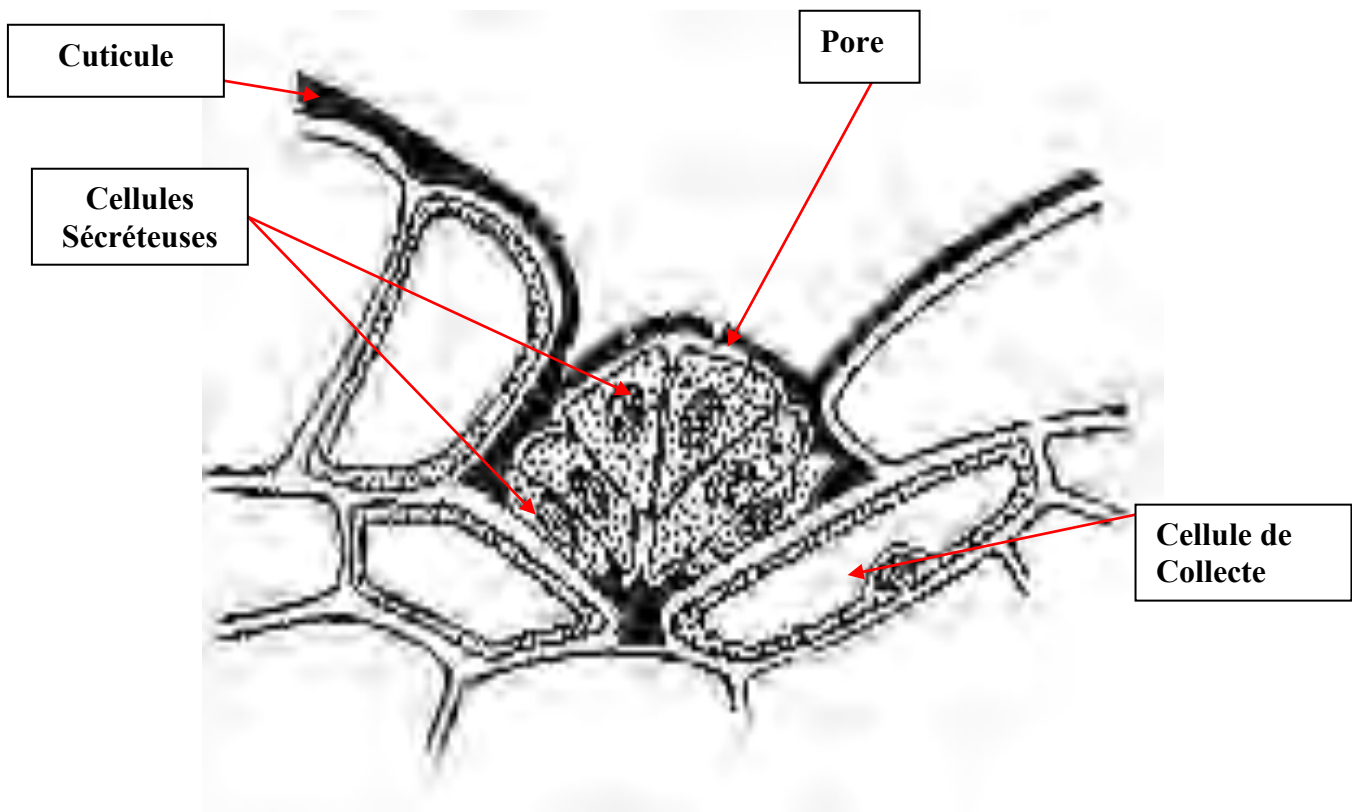


Figure 26 : La structure d'une glande sécrétante des sels chez le *Tamarix sp.* (source Curtis E. Swift, Saltcedar (*Tamarix*) Physiology - a Primer Colorado State University Cooperative Extension)

III.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*

III.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 épaississement 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. 27).



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

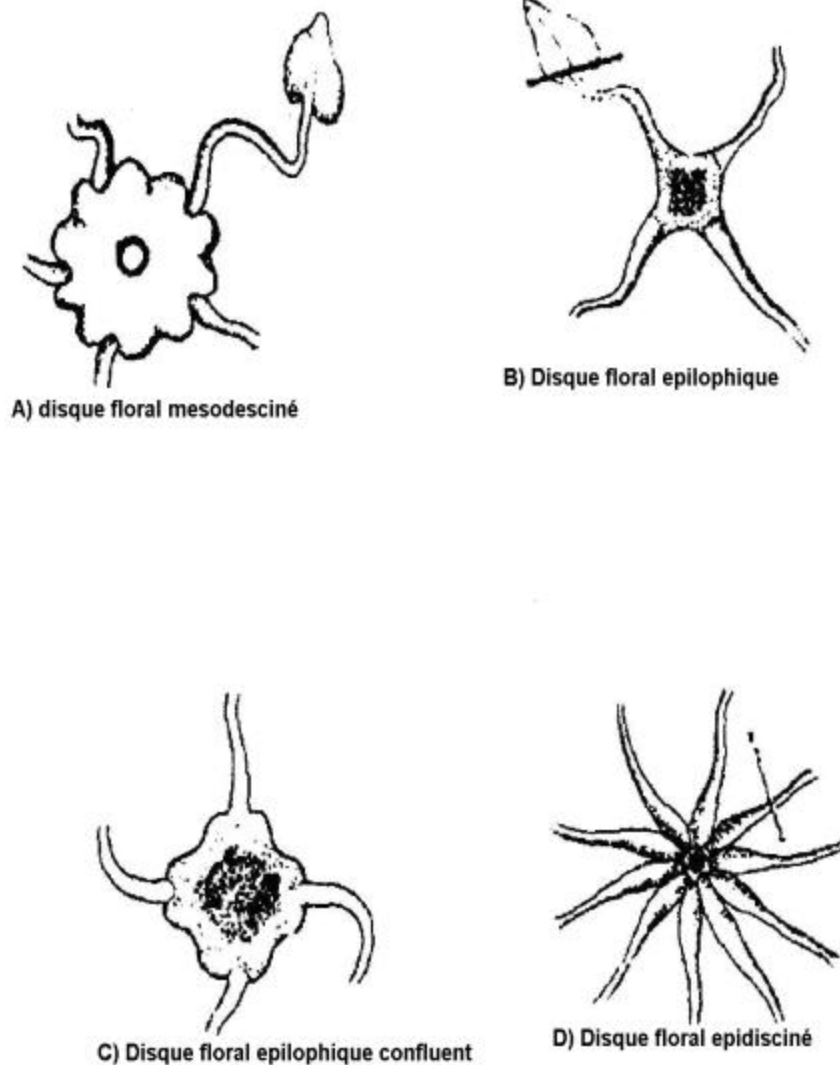


Figure 27 : Les différents types du disque floral chez le genre *Tamarix*

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).

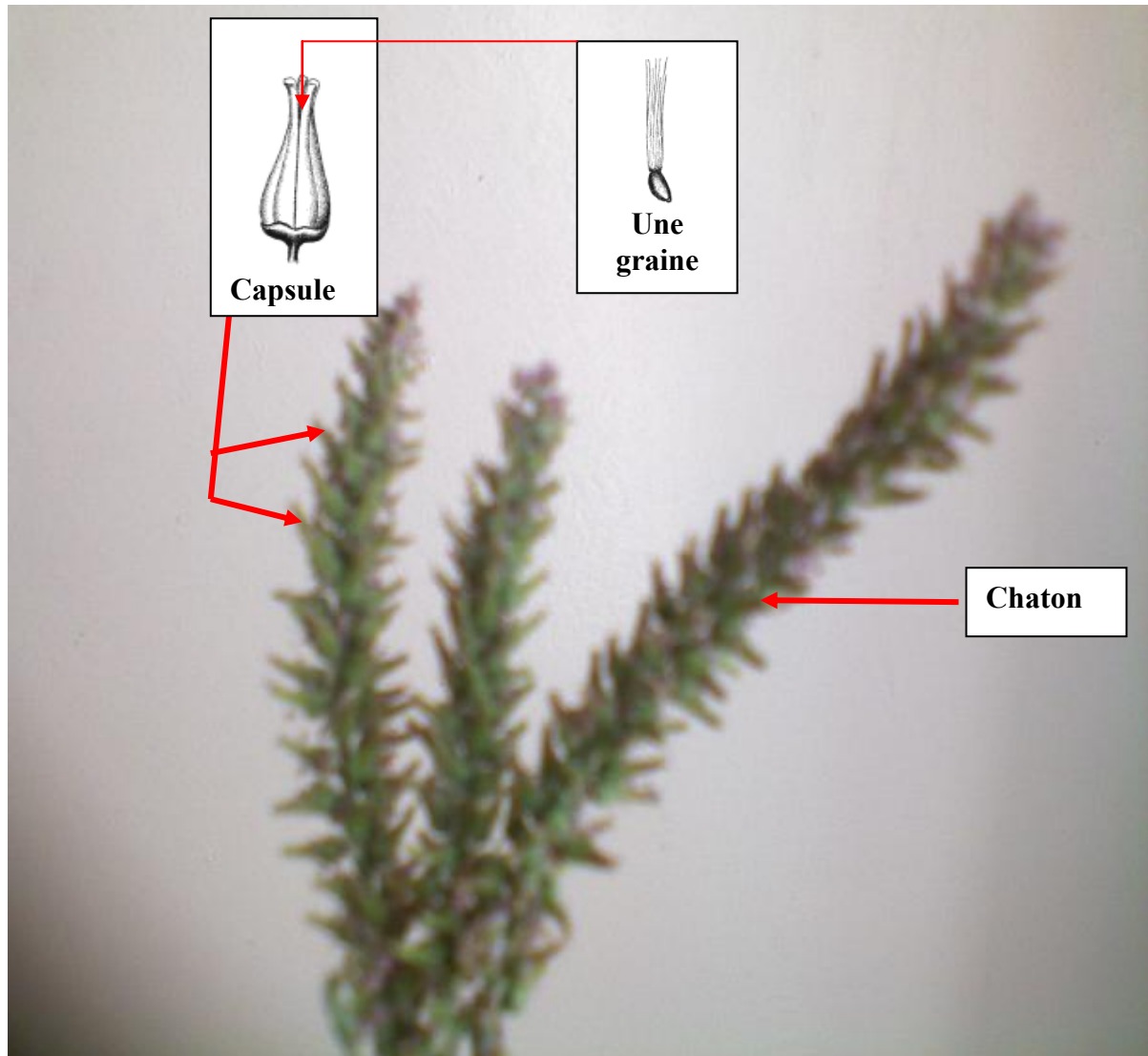


Photo 10 : Capsules qui contiennent des graines avant maturation chez *Tamarix africana* (site de Ouazerne)

Les capsules se développent de la base vers l'apex du racème ou du chaton ; la période de la floraison débute à partir du mi Avril pour se terminer 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 floraison 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)

III.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 blancs (Fig. 28) 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 (0.17 millimètre 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.

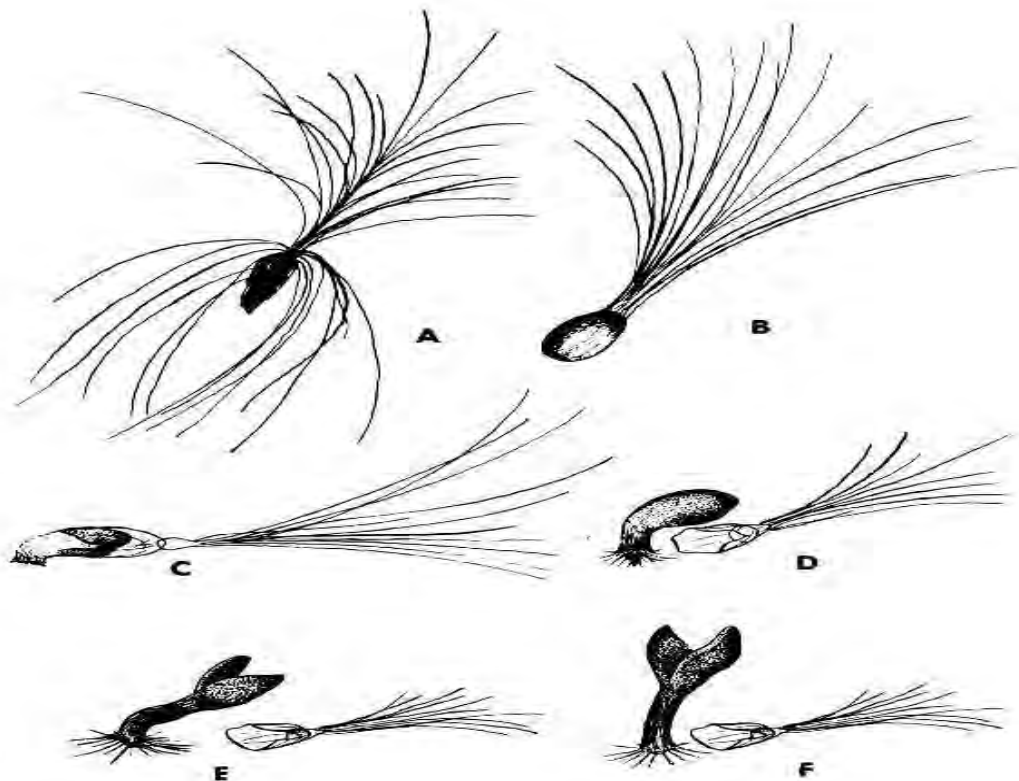


Figure 28: Les différentes formes des graines chez quelques espèces de genre *Tamarix*

III.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. 29).
- 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. 30).

Ces résultats ont permis à ces deux chercheurs de constater que le facteur de 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 profondeurs 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.

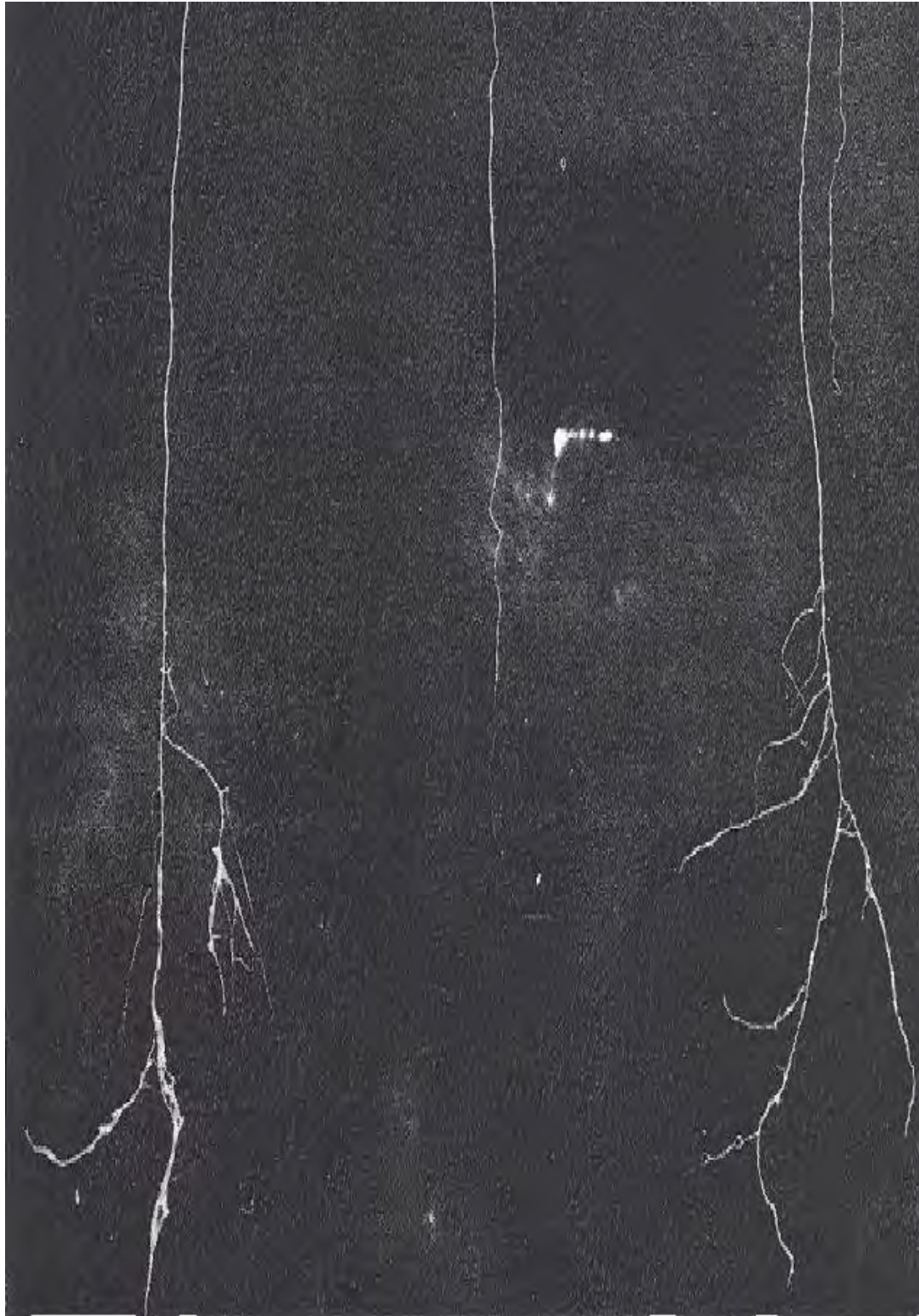


Photo 11: Le système racinaire pivotant chez les jeunes pousses de *Tamarix sp.* (Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

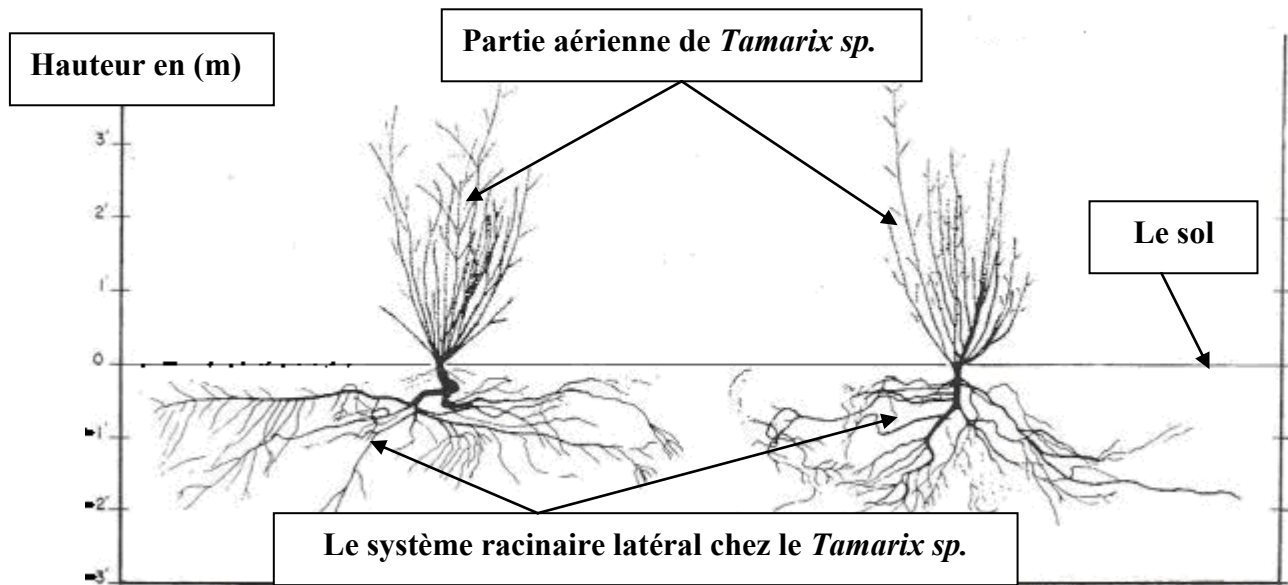


Figure 29 : Le système racinaire latéral chez des individus âgés de 4 ans de *Tamarix sp.*
 (Source Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

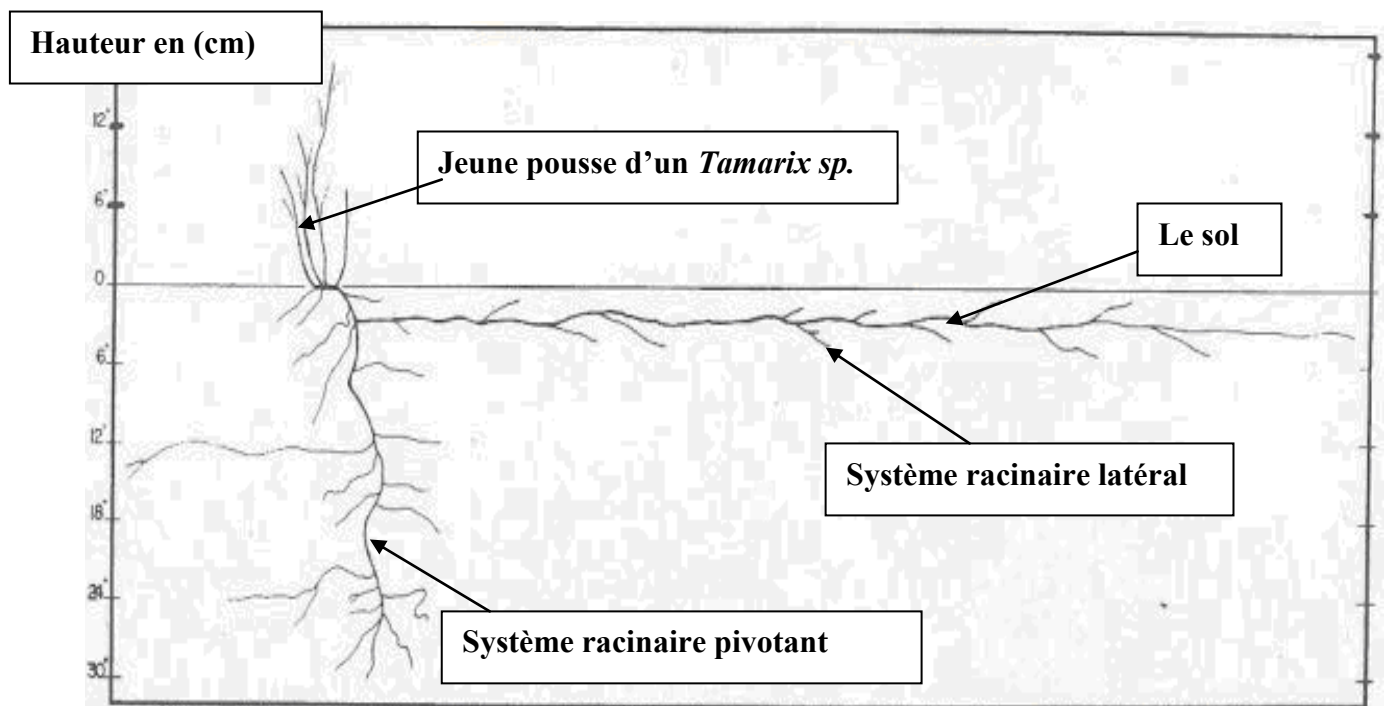


Figure 30: Le double système racinaire latéral et pivotant chez les jeunes pousses de *Tamarix sp.* (Source Tomanek et Ziegler 1960 in Mcdaniel K. C. 2007)

III.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)

III.3. 2. Les caractères biologiques

III.3. 2. 1. La multiplication

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

III.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 voix 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 qui évide 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.

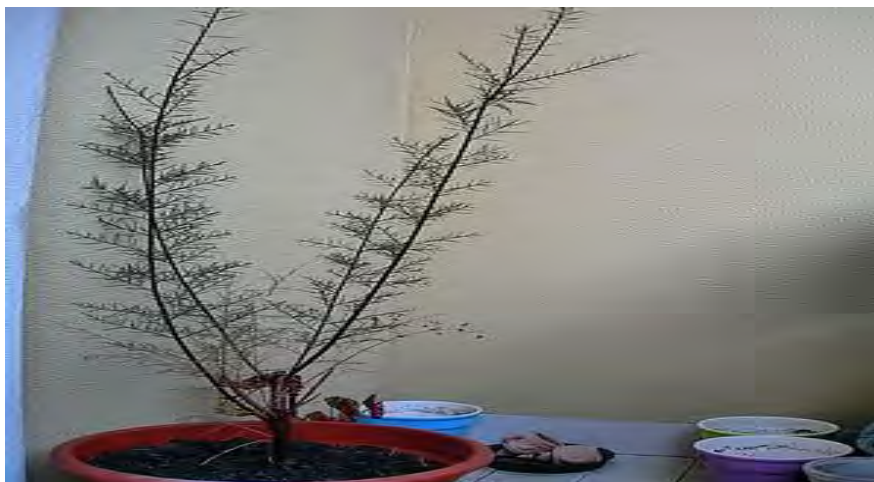


Photo 14 : Multiplication de *Tamarix sp.* par bouture

III.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, (McDaniel, 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.

III.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).

III.4. L'écologie du genre *Tamarix***III.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 terre, 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.

III.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 des 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).

III.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)

III.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 au *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.

III.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 à 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 efficaces 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 perd 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.

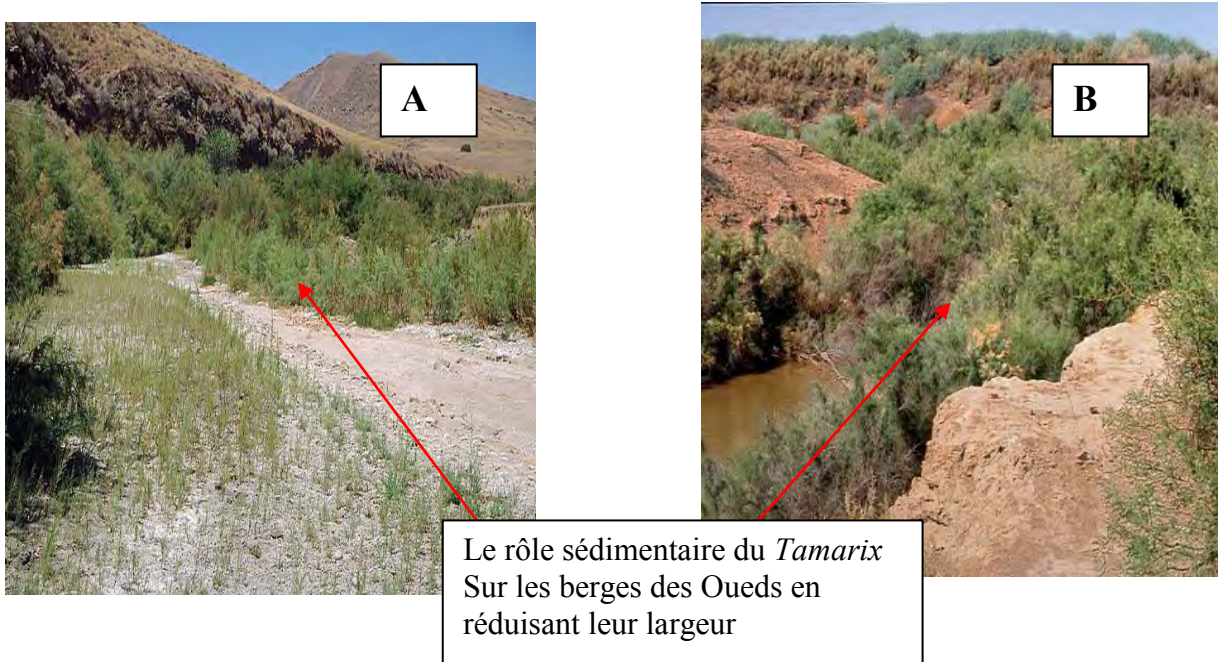


Photo 16 : Effet sédimentaire de *Tamarix sp.* : A sur un Oued à écoulement saisonnier, B sur un Oued à écoulement permanent (A : région de SIAR, B : site d'Oued El Arab, Khenchela)

III.5. Les utilisations du genre *Tamarix*

III.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).

III.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).

III.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 18 : 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.

III.6 La phytosociologie des groupements à *Tamarix* (cas de *Tamarix africana* Ppoir.)

Dans notre cas nous avons appliqué la méthode phytosociologique de Brand Blanquet, en prenant 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 constituanes du cortège floristique du genre *Tamarix* nous pris uniquement en considération le critère présence/absence de l'espèce.

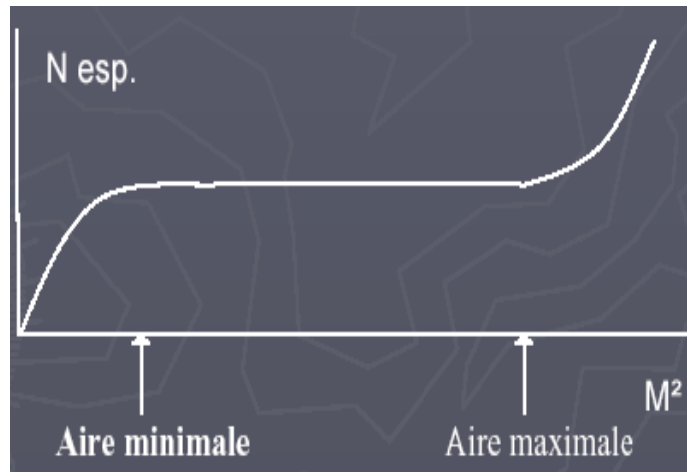


Figure 31 : Détermination de l'aire minimale

III.6.1. 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.

III.6.2. 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 forêts, (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 fructucosa*, 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 où la flore du site compte 114 espèces réparties en 28 familles dont des familles les plus importantes représentées dans le tableau ci-dessous,

Les familles les plus importantes	Les espèces
Les Astéracées (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 brassicacées (Crucifères)	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Alysum montanum</i>, - <i>Diploxaxis ericoïdes</i>, - <i>Raphanus raphanistrum</i>, - <i>Matthiola fructiculosa</i> - <i>Moriconda arvens</i>
Les Poacées (graminées)	<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 19 : Les familles les plus importantes inventoriées dans le 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 20

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>
Les brassicacées (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 (graminées)	<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 20: 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 21) :

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 conséquence la rareté des espèces annuelles.

famille	Nombre d’espèces
Astéracée	<i>Cirsium chrysacantum</i>
Capparacées	<i>Cleome africana</i>
Chénopodiacées	- <i>Salsola vermiculata</i> - <i>Salsola foetida</i> - <i>Traganum nudatum</i>
Cucurbitacées	<i>Citrulus collocynthis</i>
Poacées (graminées)	- <i>Stipagrostis pungens</i> - <i>Dimostachya bipinata</i> - <i>Cynodon dactylon</i>
Solanacées	<i>Solanum nigrum</i>
Zygophyllacées	<i>Peganum harmala</i>

Tableau 21: Composition floristique du site d’Ouazerne

III.6.3. 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 représente 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.

III.7. L'étude de la variabilité morphologique**III.7.1. 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) ; Delpech (2006), 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 mesures morphologiques

III.7.2. 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 quadras de 10x10 m et parcouru en diagonal (Figure 32).

Dans chacun des quadras, 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

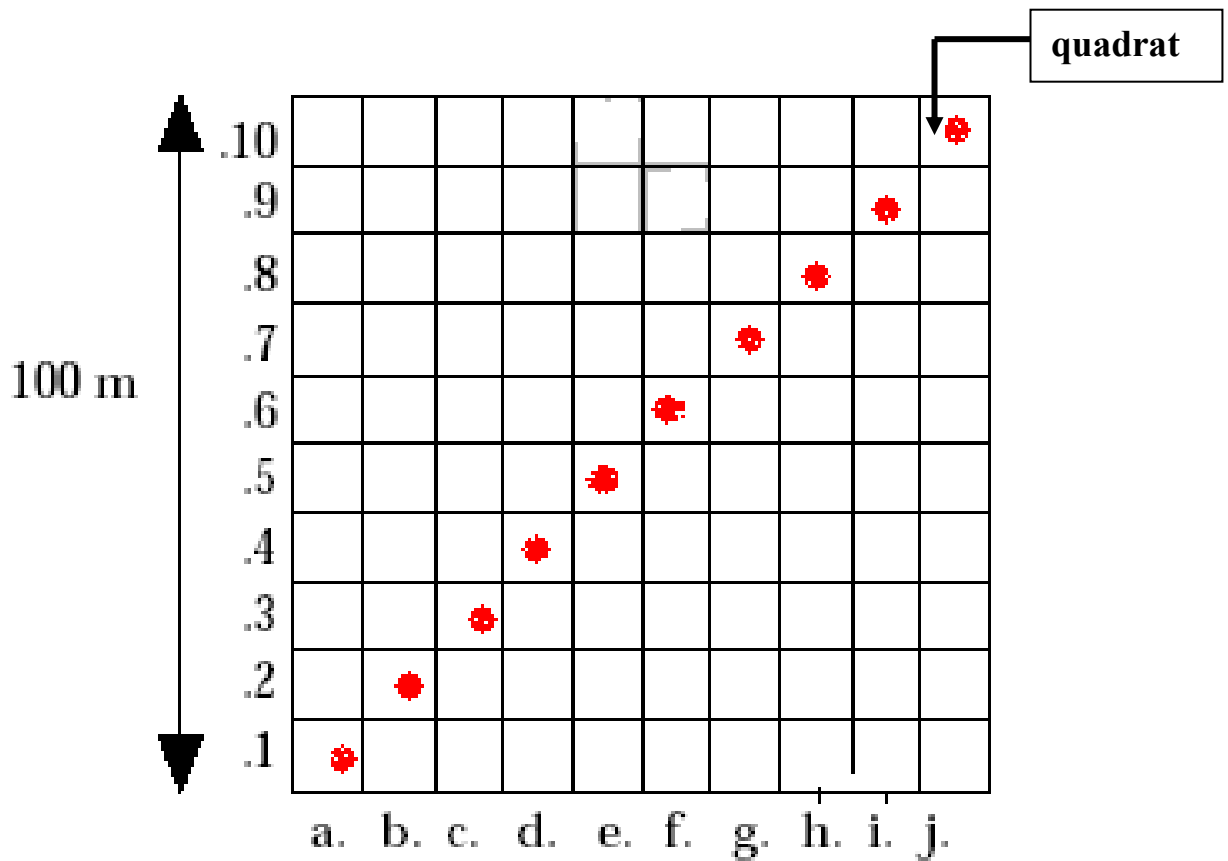


Figure 32 : Mode d'échantillonnage pour la réalisation de mesures morphométriques

III.7.3. Présentation des résultats

A) Garat El Taref

La lecture du tableau 23 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 qui 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 (m ²)	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 22: Mesures morphométriques du site de Garat El Taref

B) le site de Oued El Arab

L'examen du tableau 23 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 (m ²)	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 23: Mesures morphométriques du site de de Oued El Arab

C) le site d'Ouazarne

Selon les résultats récapitulés dans le tableau 24 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 fleurs par chaton.

Individu	Hauteur (m)	Nombre de ramification basale	Surface du recouvrement basal (m ²)	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 24: Mesures morphométriques du site de Ouazerne

III.2.3.2 Interprétation des résultats

L'analyse de la figure 33 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 d'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 d'Ouazerne entre 56 et 52 fleurs par chaton respectivement dans les sites d'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 biotopes comme ils les avaient expliquées les études du milieu mentionnées dans les chapitres précédents.

En effet le site de Garat El Taref est caractérisé par s'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 régné une sécheresse permanente avec excès de températures ; ce qui oblige l'espèce à adapter une morphologie qui répond aux contraintes de ces biotopes.

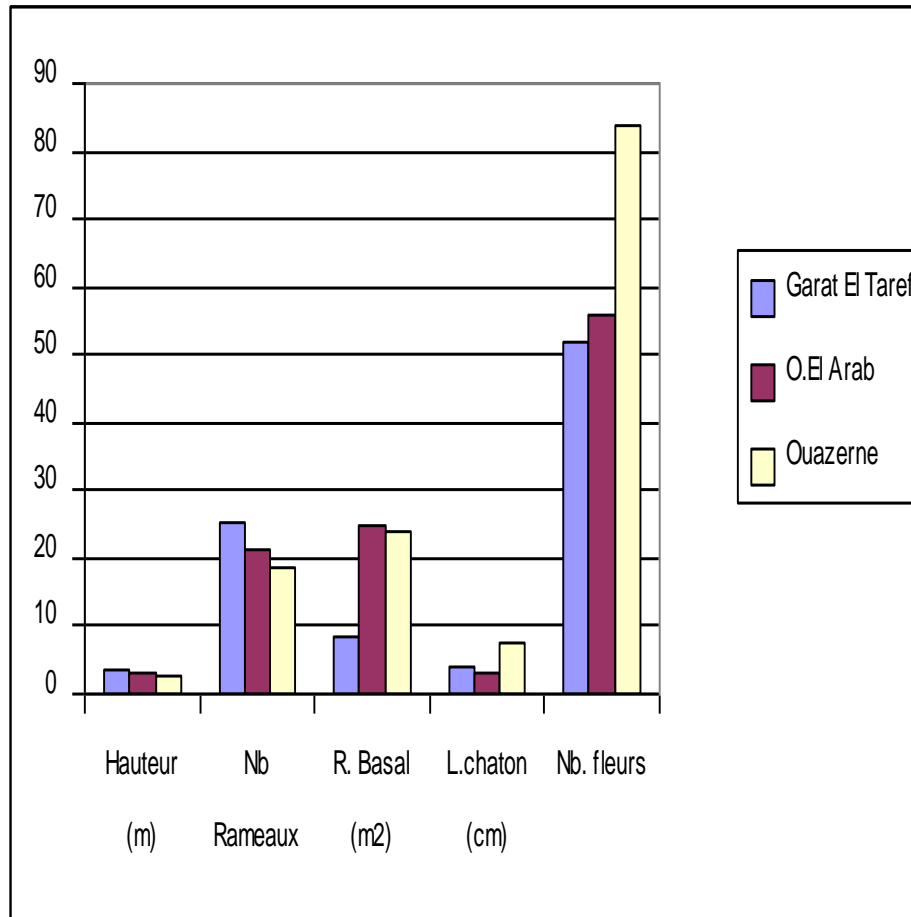


Figure 33 : Comparaison des paramètres morphométriques entre les trois sites de la région d'étude

III.8. 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 dépassent 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 souffrent 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.

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

Du 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.

CHAPITRE IV

Exemple de l'effet du stress salin sur Tamarix sp.

Introduction

Les milieux salés sont d'une extension importante dans la plupart des zones steppiques. La salinité est l'une des contraintes les plus restrictives de la croissance et la productivité d'où la dégradation intensive du couvert végétal.

Beaucoup de plantes développent des mécanismes pour exclure le sel de leurs cellules ou pour tolérer sa présence dans les cellules. La sélection variétale nécessite la connaissance des mécanismes responsables de la tolérance de végétale à la salinité (Arbaraoui et al, 2000). Plusieurs osmolytes sont accumulés lors d'un stress dont les acides aminés .notamment la proline, les sucres solubles et les poly amines (Zhu, 2000)

Notre étude est portée sur la détermination de l'aptitude du genre *Tamarix* de résistance au stress salin ; où ses espèces sont d'importance majeure en tant que des plantes halophytes et médicinales grâce à ses caractéristiques thérapeutiques (Bikbulatora et korul'kina 2001)

Pour pouvoir exploiter cette plante dans nos régions steppiques qui souffrent de salinité.

Cette partie de l'étude a été consacrée pour la détermination de l'effet de fortes concentrations de sel de la NaCl sur la tolérance des boutures du *Tamarix sp.* en étudiant certains aspects morphologiques biochimiques

IV-1. Matériels et protocole expérimentale**IV-1. 1. Matériel végétal**

Les expérimentations ont été menées sur des boutures de *Tamarix sp.* âgées de 2 mois provenant de la station du haut commissariat au développement de la steppe (HCDS), pour les quelles nous avons choisi celles qui ont les mêmes longueurs des tiges (20 cm) et des racines (7 cm), puis nous les avons divisé en 6 lots dans des pots en plastiques remplies avec 2/3 sol limoneux ,1/3 sable ; pour assurer un bon drainage.

Les lots sont déposés dans une chambre semi contrôlée avec photopériode de 16 h, et une température de 25° C et qui sont soumis aux différents traitements en NaCl pendant un mois avec une fréquence d'irrigation de deux jours.

IV-1. 2. Les solutions d'irrigations :

Notre matériel végétal est divisé en 6 lots qui seront irrigués régulièrement avec une solution constituée de l'eau de robinet avec une conductivité de 711 microSimens (μ s) à la quelle nous avons rajouté les doses suivantes :

- Le 1^{er} lot témoin : irrigué avec eau de robinet ;
- Le 2^{ème} lot : irrigué avec solution 04g/L NaCl ;
- Le 3^{ème} lot : irrigué avec solution 08g/L NaCl ;
- Le 4^{ème} lot : irrigué avec solution 16g/L NaCl ;

- Le 5^{ème} lot : irrigué avec solution 32g/L NaCl ;
- Le 6^{ème} lot : irrigué avec solution 64g/L NaCl.

A la fin on procède au dosage des paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques.

IV-1. 3. Paramètre morphologique :

IV-1. 3. 1. Mesure de la longueur de la partie aérienne et de la partie souterraine

Vers la fin du traitement nous enlevé les plantes des pots nous avons séparé la partie aérienne de la partie racinaire et après un lavage, nous avons procédé à la mesure de la longueur de chaque partie avec une règle graduée. Nous avons séché les deux parties dans une étuve à 80°C pendant 24h avant de commencer le dosage des paramètres physiologiques et biochimiques.

IV-1. 4. Paramètres physiologiques

IV-1. 4. 1. Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974).

Le principe est la quantification de la réaction Proline-Ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la Ninhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon. On met 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

Après refroidissement, 1 ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique et 25 mg de Ninhydrine. Ensuite, on ajoute, dans chaque tube, 1 ml d'un mélange contenant :

120 ml d'eau distillée ;

300 ml d'Acide Acétique ;

80 ml d'acide Orthophosphorique.

On porte les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min. Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent. On prélève la phase supérieure à la qu'elle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm. La détermination de la teneur de la proline, (en microgramme par 1 gramme de la matière sèche ($\mu\text{g/g MS}$)), est réalisée selon la formule suivante:

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MS}) = \text{DO}_{528} \times 0.62$$

Où :

- Proline ($\mu\text{g/g MS}$) : taux de la proline en microgramme par 1 gramme de la matière sèche ;

- DO_{528} : la densité optique à une longueur d'onde 528 nm ;
- 0.62 est un coefficient

IV-1. 5. Dosage de des paramètres biochimiques :

L'ADN et l'ARN ont été dosés selon la technique utilisée par Burton, (1956). Mettre 0.2g de matière sèche végétale dans des tubes à essai aux quels on ajoute 2 ml d'Acide Perchlorique (0.5N). Incuber dans le bain Marie pendant 20mn à 90°C. Ensuite passer les tubes à essai dans la centrifugeuse pendant 10 mn à 2000 tours/mn à la fin de la centrifugation on obtient une solution contenant à la fois de l'ADN et de l'ARN.

IV-1. 5. 1. Dosage de l'ADN

On prend 0.5 ml de la solution récupérée à la quelle on ajoute 0.5 ml d'Acide Perchlorique et 2 ml de Diphénylamine dans des tubes à essai. On couvre les tubes et on les laisse au repos à l'obscurité pendant 18h, ensuite on procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 600nm.

Préparation du réactif à la diphénylamine

Dissoudre 500mg de Diphénylamine dans 49 ml d'Acide Acétique et 1 ml d'HCl concentré.

La détermination de la teneur de l'ADN, (en micromole par 1 gramme de la matière sèche ($\mu\text{mol/g MS}$)), est réalisée selon la formule suivante:

$$\text{ADN } (\mu\text{mol/g MS}) = (\text{DO}_{600} - 0.015) / 0.005986$$

Où:

- ADN ($\mu\text{mol/g MS}$): quantité d'ADN en micromole par 1 gramme de la matière sèche;
- DO_{600} : la densité optique à la longueur d'onde 600nm;
- 0.015 et 0.00598 sont des indices.

IV-1. 5. 2. Dosage de l'ARN

On ajoute 1 ml d'eau distillée à 0.5 ml de solution récupérée et 1.5 ml d'Orcinol dans des tubes à essai, lesquels on porte à ébullition dans le bain Marie pendant 45 mn. Après refroidissement à l'eau de robinet, on procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 675 nm.

Préparation du réactif à l'Orcinol

Dans un Erlenmeyer on ajoute 3 mg de chlorure de cuivre à 100 mg d'Orcinol, sur lesquels on verse 50 ml d'HCl. La détermination de la teneur de l'ARN, (en micromole par 1 gramme de la matière sèche ($\mu\text{mol/g MS}$)), est réalisée selon la formule suivante :

$$\text{ARN } (\mu\text{mol/g MS}) = (\text{DO}_{675} - 0.0071) / 0.0061$$

Où :

- ARN ($\mu\text{mol/g MS}$): quantité d'ADN en micromole par 1 gramme de la matière sèche ;
- DO_{675} : la densité optique à la longueur d'onde 675nm ;
- 0.0071 et 0.0061 sont des indices.

IV-2. Analyse statistique

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance (ANOVA) à un seul facteur contrôlé au seuil de 5%, réalisés par le logiciel statistique Minitab. On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$.

IV-3. Résultats et discussion

Les résultats de mesure de différents paramètres et leur analyse statistique sont portés respectivement dans le Tableau 27 et le Tableau 28.

IV-3. 1. Paramètres morphologiques :

Visuellement on peut remarquer, sur la partie aérienne, un effet différentiel des doses de sel sur les plants du *Tamarix sp.* Soumis, il est à noter que les plants du lot N°6 irrigué d'une dose de 64 g/l ont commencé à perdre leurs feuilles à partir de la 2^{ème} semaine, puis ils ont commencé à quérir de nouvelles feuilles.

Il est admis que la salinité élevée est connue pour induire un stress ionique ce qui en résulte une sénescence des feuilles et une réduction dans le développement foliaire, les plantes soumises à la concentration 64g/l ont subi une diminution dans la surface des feuilles et une chute de ces dernières.

Doses NaCl en (g/l)	Témoin(0 g/l)	4 g/l	8 g/l	16 g/l	32 g/l	64 g/l
Longueur en (cm)						
la partie aérienne	29,65	33	39,66	35	31,66	35,67
la partie racinaire	11	12,33	12	21,66	23	29,67

Tableau 25 : Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) sur la longueur de la partie aérienne et la partie racinaire des boutures du *Tamarix sp.* en (cm).

A)- Longueur de la partie aérienne

Les résultats de mesure de la longueur de la partie aérienne des plants du *Tamarix sp.* montrent que la croissance en longueur est maximale à la dose de NaCl de 8 g/l avec 39.66cm puis décroît dans toutes les autres doses mais elle reste supérieure à celle du témoin irrigué en eau de robinet avec 0 g/l qu'est de 29,66cm (Figure 34 et Tableau 25),

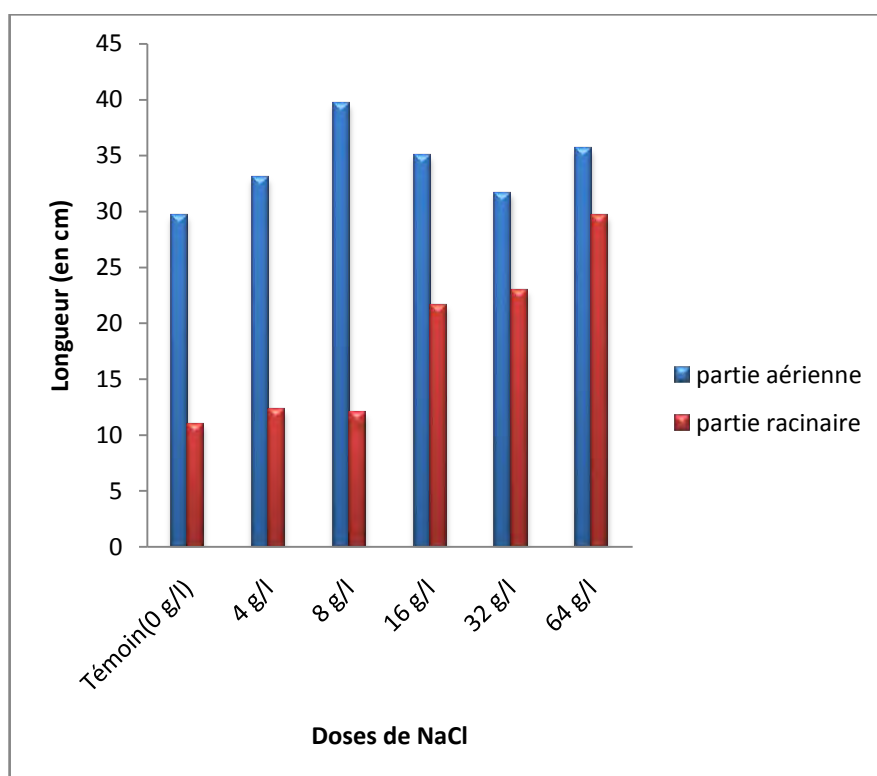


Figure 34: L'effet de stress salin (NaCl) sur la croissance en longueur de la partie aérienne et la partie racinaire en (cm) chez les plants du *Tamarix sp.*

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha = 5\%$, montre qu'il y a une différence non significative entre les différentes moyennes mesurées de la longueur de la partie aérienne et l'effet dose de NaCl (Tableau 26).

Ce résultat montre que l'effet de NaCl sur le développement de la partie aérienne est en moindre mesure ; ce qui dit que la maintien de la croissance chez cette plante constitue un mécanisme principal de tolérance, qui semble être due à la petite forme des feuilles.

Source	ddl	longueur		Taux de proline		Taux d'ADN		Taux d'ARN	
		tiges	racines	feuilles	racines	feuilles	racines	feuilles	racines
Dose NaCl	5	36,6 _{ns}	174,7 ^{***}	0,029 _{ns}	0,144 _{ns}	13,002 [*] _{**}	4,74 [*]	0,900 ^{***}	0,376 ^{**}
Erreur	12	21,6	12,3	0,057	0,048	0,876	1,10	0,048	0,060

Tableau 26 : résultats d'analyse statistique de la variance à un critère contrôlé au seuil de signification $\alpha = 5\%$ de l'effet dose de NaCl sur les différents paramètres étudiés chez *Tamarix sp.*

B)- Longueur de la partie souterraine

A l'inverse de la croissance en longueur de la partie aérienne le développement des racines était d'une façon ascendante avec les différents traitements de NaCl, où la longueur la plus élevée est mesurée à la dose 64 g/l NaCl, avec une valeur de 29,66 cm et la plus faible

est celle du témoin à la dose de 0 g/l de NaCl, avec une valeur 11cm (figure 34 et Tableau 25).

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la longueur de la partie souterraine et l'effet dose de sel chez les plants du *Tamarix sp.*

Le résultat de la croissance en longueur des racines qu'est proportionnelle avec l'augmentation de la salinité dans le sol, est concorde avec des recherches qui ont été mené dans ce contexte : les plants soumis au doses de NaCl développent un système racinaire qui leur permet l'acquisition de l'eau libre du sel par en s'enfonçant vers les profondeurs, dans un travail effectué sur le trèfle; La croissance pondérale de la partie aérienne a été réduite de 20 % à 4 g.l⁻¹ et de 44 % à 6 g.l⁻¹. Le développement du système racinaire a été moins sensible (Ben khaled et al. 2003).

IV-3. 2. Paramètres physiologiques

IV-3. 2. 1. La teneur en proline

A)- La teneur en proline dans les feuilles

L'effet du stress salin en NaCl a affecté l'accumulation de proline d'une façon différente d'une concentration à une autre. La dose la plus élevée est constatée avec la dose 4 g/l avec une valeur de 1,11 µg/gMS, et la plus faible est celle du témoin avec une valeur 0,88 µg/gMS (Figure 35 et Tableau 27).

Doses NaCl en (g/l)	Témoin(0 g/l)	4 g/l	8 g/l	16 g/l	32 g/l	64 g/l
Taux de la proline en (µg /gMS)						
la partie aérienne	0,889	1,119	0,971	0,919	1,076	0,971
la partie racinaire	0,576	1,151	1,01	0,74	0,831	1,096

Tableau 27 : Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) sur le taux de la proline en (µg /gMS), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de *Tamarix sp.*

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha = 5\%$, montre qu'il y a une différence non significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en proline dans les feuilles et l'effet dose quelque soit le traitement comparativement à celle des plans témoins (Tableau 26).

Des études ont démontré que la dégradation de la proline est inhibée sous le stress hydrique et salin. L'accumulation de ces composés organiques a été mise en évidence chez plusieurs espèces végétales soumises à la contrainte saline. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité. Les

différences d'accumulation des solutés (Acides aminés libres, la proline et les sucres solubles totaux) entre les plantes témoins et les plantes soumises au stress salin sont très importantes (Khan et al. 2009).

Par ailleurs, le non signification entre l'accumulation de la proline et l'effet dose de sel chez le *Tamarix sp.* peut être s'expliquer par la dotation de ses feuilles de glandes sécrétrice ; ce qui exclue le sel de ses cellules davantage aux mécanismes de tolérance y compris l'accumulation de proline ou bien il existe un autre rôle de la proline qui aboutit à sa dégradation peut être elle joue le rôle d'un antioxydant ce qui reste à confirmer dans des études plus approfondies dans ce sens.

B)- La teneur en proline dans les racines

Les mêmes observations portées sur partie aérienne, l'accumulation de la proline dans les racines des plants stressés était plus au moins stable quelque soit la concentration de sel, où la taux le plus important est mesuré à la dose de 4 g/l de NaCl avec une valeur de 1,15 $\mu\text{g/gMS}$, et la plus faible est celle du témoin avec une valeur 0,57 $\mu\text{g/gMS}$ (Figure 35 et Tableau 27).

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha = 5\%$, montre qu'il y a une différence non significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en proline dans les racines des plants stressés et l'effet dose de sel (Tableau 28).

En effet l'osmorégulation permet une protection des membranes et des systèmes enzymatiques surtout dans les organes jeunes et la proline semble joue un rôle dans le maintien des pressions cytosol-vacuole et de régulation du pH (Ottow et al, 2005).

Par ailleurs, certaines espèces possèdent la faculté de produire, sous contrainte saline, des rendements élevés, sans pour autant accumuler de fortes quantités de cet osmolyte dans leurs cellules. Ce type de comportement implique donc la mise en place d'autres mécanismes d'adaptation à la salinité. (El Midaoui et al., 2007)

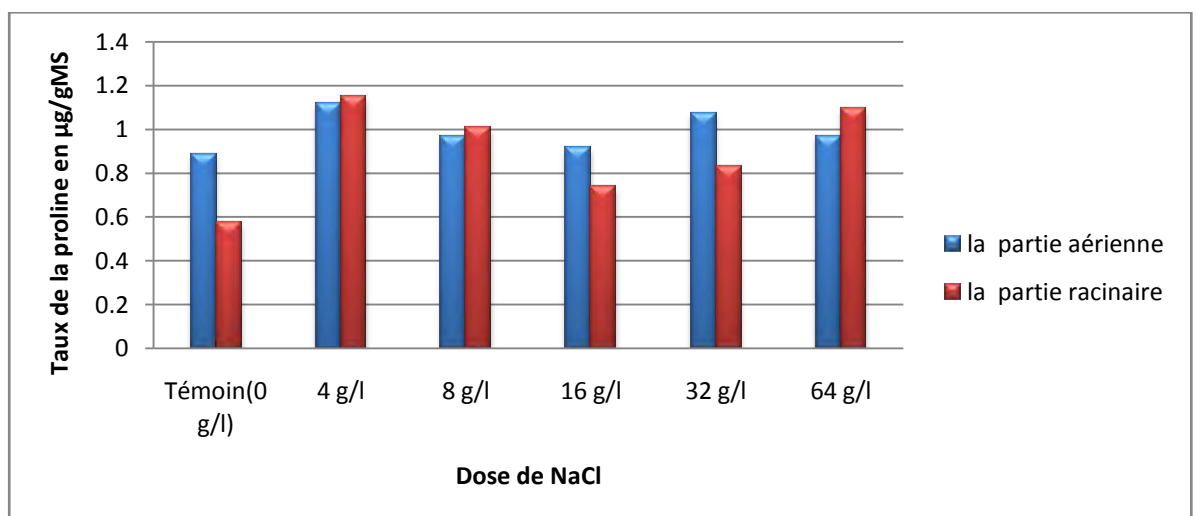


Figure 35 : Taux de la proline en ($\mu\text{g} / \text{gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de *Tamarix sp.*

IV-3. 3. Les paramètres biochimiques

IV-3. 3. IV-3. 3. 1. La teneur en ADN

A)- La teneur en ADN dans la partie aérienne

En situation de stress les plants ont eu un taux élevé d'ADN dans la partie aérienne, où le taux le plus élevé est obtenu à la dose de 8 g/l avec une valeur de 9,07 $\mu\text{mol/gMS}$, et ce le plus faible est obtenu à la dose de 4g/l avec une valeur 4,02 $\mu\text{mol/Gms}$ qu'est inférieur même à ce témoin (Figure 36 et Tableau 26).

Doses NaCl en (g/l)	Témoin(0 g/l)	4 g/l	8 g/l	16 g/l	32 g/l	64 g/l
Taux d'ADN en ($\mu\text{mol/gMS}$)						
la partie aérienne	7,25	4,027	9,248	6,415	9,186	9,075
la partie racinaire	9,351	8,125	9,075	10,362	6,734	9,404

Tableau 28 : Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) le taux d'ADN en ($\mu\text{mol/gMS}$) dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de *Tamarix sp.*

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha=5\%$, montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en ADN des plants lors et l'effet dose du sel (Tableau 26).

Il semble que dans le cas de stress salin la synthèse d'ADN devient exagérée ce qui laisse penser que ce dernier intervient dans les processus de tolérance à la salinité car c'est une molécule support de toute l'information protéique

B)- La teneur en ADN dans la partie racinaire

Les plants stressés ont révélé une augmentation du taux d'ADN, où le taux le plus élevé est obtenu à la dose de 16 g/l avec une valeur de 10,36 $\mu\text{mol/gMS}$, et le plus faible taux est ce obtenu à la dose de 32 g/l avec une valeur de 6,73 $\mu\text{mol/gMS}$ (figure 36et Tableau 28).

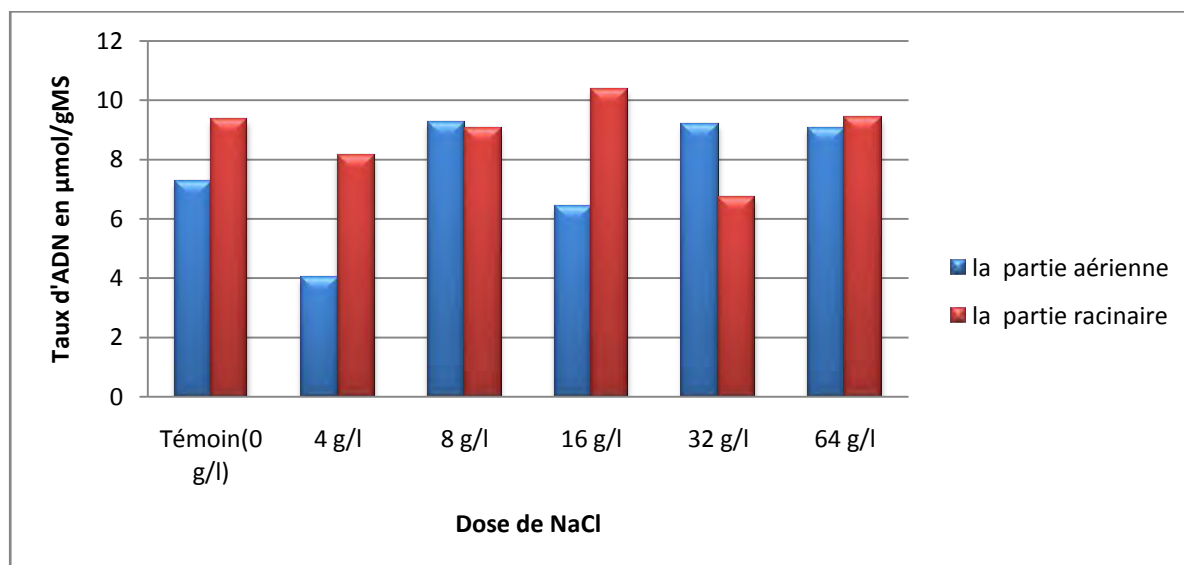


Figure 36 : Taux de l'ADN en ($\mu\text{mol/gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de *Tamarix sp.*

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha = 5\%$, montre qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en ADN des plants et l'effet dose du sel (Tableau 26).

La synthèse d'ADN avait lieu d'une façon importante en comparant les lots stressés et le non stressé ce qui semble hypothétiquement l'importance de son implication dans les différents mécanismes de tolérance dans les deux parties du végétal.

IV-3. 3. 2. La teneur en ARN

A)- La teneur en ARN la partie aérienne

Les plants stressés ont révélé une synthèse d'ARN plus élevée que le témoin, le résultat le plus élevé est obtenu à la dose 32 g/l avec une valeur de 1,64 $\mu\text{mol/gMS}$, et le plus faible est celle du 16g/l avec une valeur 0,64 $\mu\text{mol/gMS}$ (Figure 37 et Tableau 31).

Doses NaCl en (g/l)	Témoin(0 g/l)	4 g/l	8 g/l	16 g/l	32 g/l	64 g/l
Taux d'ARN en ($\mu\text{mol/gMS}$)						
la partie aérienne	0,438	0,564	0,892	0,468	1,649	1,562
la partie racinaire	0,469	0,875	1,438	1,343	1,18	1,124

Tableau 29: Résultats de mesures de l'effet des doses du sel d'NaCl en (g/l) le taux d'ARN en ($\mu\text{mol/gMS}$) dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les boutures de *Tamarix sp.*

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha = 5\%$, montre qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en ARN des plants et l'effet dose du sel (Tableau 26).

B)- La teneur en ARN dans la partie racinaire

Suite au stress salin le taux d'ARN obtenu chez les plants stressés est plus élevé par rapport au témoin, le taux le plus élevé est mesuré à la dose de 8 g/l avec une valeur de 1,43 $\mu\text{mol/gMS}$, et le plus faible est ce du témoin avec une valeur de 0,64 $\mu\text{mol/gMS}$ (Figure 37 et Tableau 29).

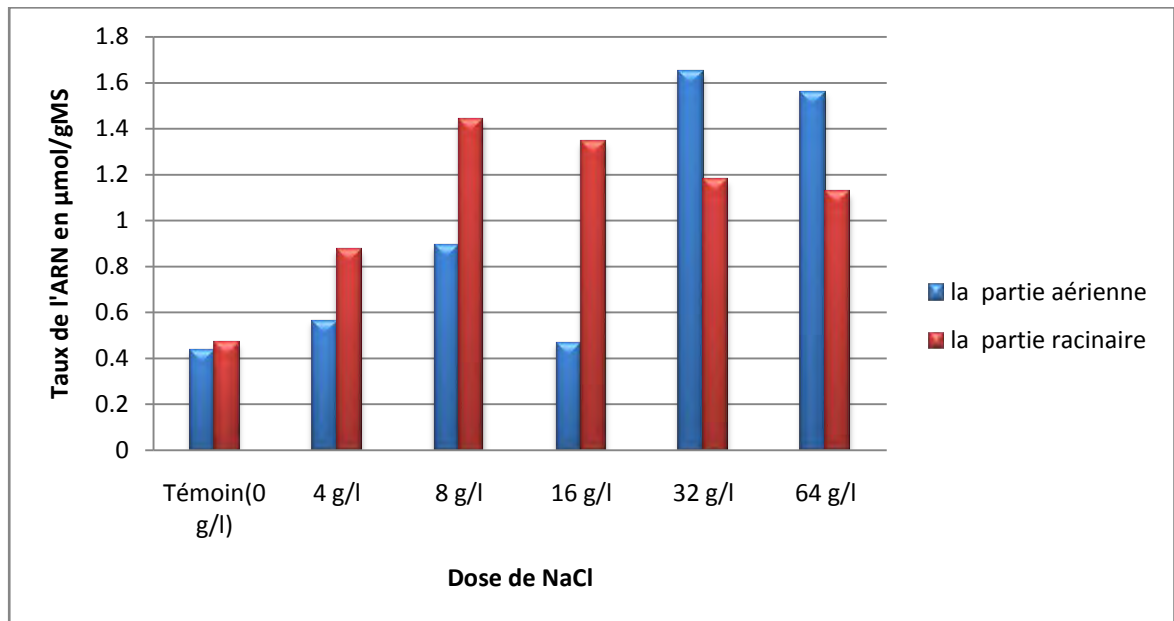


Figure 37 : Taux de l'ARN en ($\mu\text{mol/gMS}$), dans la partie aérienne et dans la partie racinaire chez les bouture de *Tamarix sp*

L'analyse de la variance à un critère de classification au seuil $\alpha = 5\%$, montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en ARN des plants et l'effet dose du sel (Tableau 26).

Il est à noter que le taux de l'ARN devient plus élevé dans la partie aérienne, chez les plants du *Tamarix sp.*, quand la dose de sel atteint les 32 g/l, et plus et l'inverse quand que la dose de sel devienne moins importante.

Peu de recherches dans ce sens ont été rapportées c'est pourquoi on n'a pas entrepris une comparaison sur ces dernières.

Il paraît qu'en situation de stress le *Tamarix sp.* synthétise de l'ARN probablement pour qu'il soit traduit en protéines de stress qui jouent un rôle capital dans la protection des cellules.

IV-4. Conclusion

Les résultats obtenus nous montrent que le *Tamarix sp.* peut être considéré comme une plante hyper tolérante au stress salin car elle a pu continuer à croître en longueur en résistant à des doses arrivant à plus de 64g/l de NaCl, avec le non signification de l'accumulation de proline qui peut être utilisée sous d'autres formes de tolérance probablement comme un antioxydant pour éviter la contrainte salin, cette activité intense de synthèse est justifiée par les taux élevés des deux acides nucléiques l'ADN et l'ARN.

Ces résultats nous permettent de proposer l'exposition des jeunes plants après leur plantation à des doses élevées du sel pendant une période pour permettre leur croissance rapide dans les milieux arides où l'eau devienne un facteur limitant.

PARTIE III

Étude de la variabilité biochimique chez *Tamarix* sp.

CHAPITRE V

Etude de la variabilité des métabolites primaires

Introduction

Tous les êtres vivants ont un métabolisme primaire qui fournit les molécules de base : acides nucléiques (ARN, ADN), lipides, protéines, acides amines et carbohydrates. Ces métabolites primaires sont produits en quantité élevée par les plantes et sont à faible prix de revient.

Pour vérifier les effets du milieu sur la production de ces métabolites et des acides nucléiques ADN et ARN ainsi que leur quantité chez le *Tamarix sp.* nous examiné ces métabolites dans les trois sites d'étude, Garat El Taref, Oued El arab et Ouezerne.

V.1. Les principaux métabolites primaires étudiés

V.1.1. Glucides

Les glucides sont appelés hydrates de carbones ou saccharides. Ce sont également des composés organiques carbonylés (aldéhydiques, cétoniques), constituant le groupe le plus important des éléments plastiques et énergétiques des végétaux. Ce sont aussi des composés qui apparaissent les premiers lors de la photosynthèse. On distingue deux classes :
 - les Oses : sont des petites molécules de 3 à 9 atomes, de formule générale $(CH_2O)_n$. Ils sont caractérisés par la présence d'une fonction aldéhydique (aldose), ou cétonique (cétose) et de plusieurs carbones asymétriques ; (exemple figure 38) :

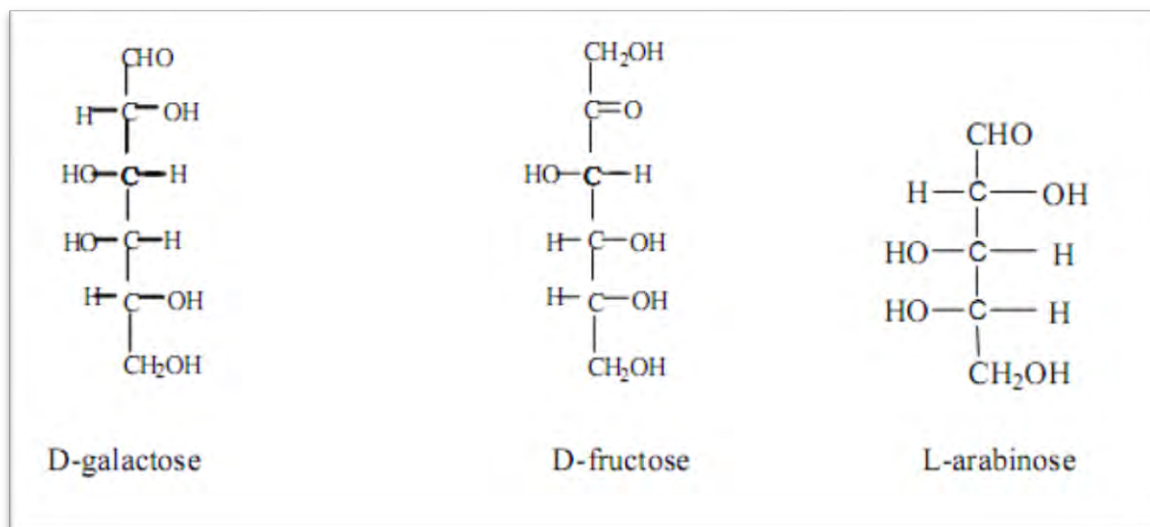


Figure 38 : la structure chimique de quelques glucides de types Ose

- les Osides : sont des composés résultant de l'association de plusieurs molécules uniquement sucrées (holosides), ou plusieurs oses avec une partie non glucidique (Hétérosides) ; exemple figure 39) :

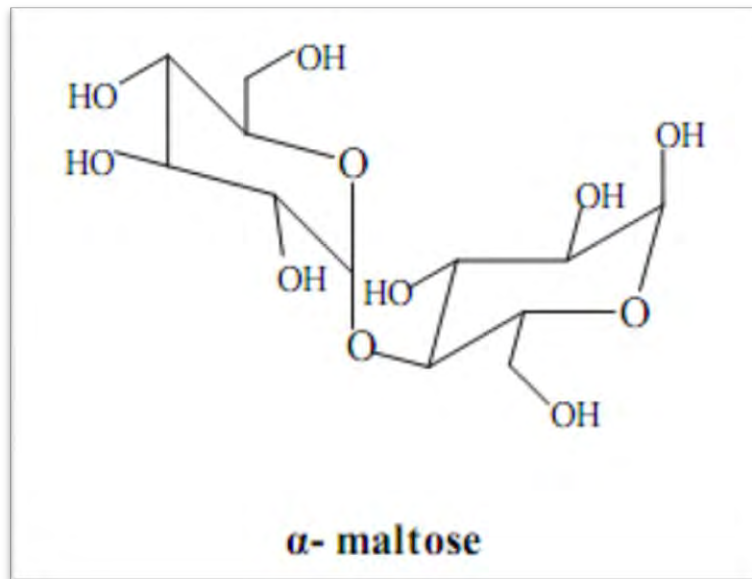


Figure 39 : la structure chimique de quelques glucides de type Oside

V.1.1.1. Accumulation des sucres solubles sous stress

Le saccharose et l'amidon sont les premiers glucides stables, issus des processus photosynthétiques du cycle de calvin et de la voie du glycolate. L'amidon s'accumule dans les chloroplastes, tandis que le saccharose synthétisé dans le cytosol est stocké dans la vacuole ou transféré vers les organes puits (Nouri, 2002). L'amidon des tissus chlorophylliens a fait l'objet de nombreux travaux, (Hawker et al. 1991).

Depuis longtemps, il est connu que le taux des sucres augmente considérablement chez les plantes soumises aux différents types de stress ; en effet, cela a été vérifié par (Chunyang. 2003) chez des arbres adultes d'eucalyptus sous différents stress hydriques.

Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont : le glucose, fructose et le saccharose, et ces derniers semblent jouer un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante.

V.1.2. La chlorophylle

La chlorophylle est le pigment assimilateur principal des végétaux supérieurs. Ce pigment, situé dans les chloroplastes des cellules végétales, intervient dans la photosynthèse pour intercepter l'énergie lumineuse, première étape dans la conversion de cette énergie en énergie chimique.

Elle est présente chez presque tous les organismes photosynthétiques et est à l'origine de leur couleur verte car elle absorbe fortement la lumière visible dans les longueurs d'onde correspondant au bleu et au rouge mais laisse filtrer une grande partie de la lumière verte. On dénombre jusqu'à plusieurs centaines de millions de molécules de chlorophylle dans un seul chloroplaste. Deux structures remarquables caractérisent cette molécule :

- Un noyau tétrapyrrolique ou chlorine, contenant un atome de magnésium en son centre ;

- Une chaîne terpénique ou phytol, constituée de vingt atomes de carbone.

Les chlorophylles sont associées à d'autres pigments, les carotènes et les xanthophylles. Ces derniers, de couleur orangée – rouge, sont en partie à l'origine de la coloration des feuilles en automne lorsque les chlorophylles se dégradent. Il existe deux chlorophylles principales chez les végétaux verts, chlorophylle a et chlorophylle b (Milcent et Chau, 2003)

Il existe plusieurs formes de chlorophylle différenciables selon leur structure chimique. La chlorophylle a existe chez tout les végétaux ($\approx 2\text{g} / \text{Kg}$ de feuilles fraîches) et la chlorophylle b se trouve chez les Cormophytes (végétaux supérieurs) et les Chlorophycées (algues vertes) à des teneurs moindres ($\approx 0.75\text{g} / \text{Kg MF}$). Deux autres variantes existent chez les Phéophycées (algues brunes) et les Rhodophycées (algues rouges), respectivement les chlorophylles c et d. La chlorophylle est également fortement réfléchissante dans le proche infrarouge (700 nm), les clichés aériens en fausses couleurs (IR + rouge + vert) permettent aux spécialistes de reconnaître les essences par analyse radio métrique.

V.1.2.1. Structure chimique et biosynthèse

Comme le montrent la figure 13, la structure des formes a et b de la chlorophylle est quasi identique, à l'exception d'une fonction aldéhyde située sur la chlorine.

La chlorophylle est une chlorine (quatre noyaux pyrroles en cercle), chélatant un atome de magnésium au centre, ainsi qu'un alcool à longue chaîne, le phytol. Elle présente une structure quasi-identique à l'hème (présente dans les globules rouges sanguins). C'est la présence, dans sa structure, de nombreuses doubles liaisons conjuguées qui permet une interaction avec le rayonnement lumineux et son absorption.

Les chaînes latérales de la chlorine sont variables et ceci entraîne une modification du spectre d'absorption entre les différentes familles de chlorophylles.

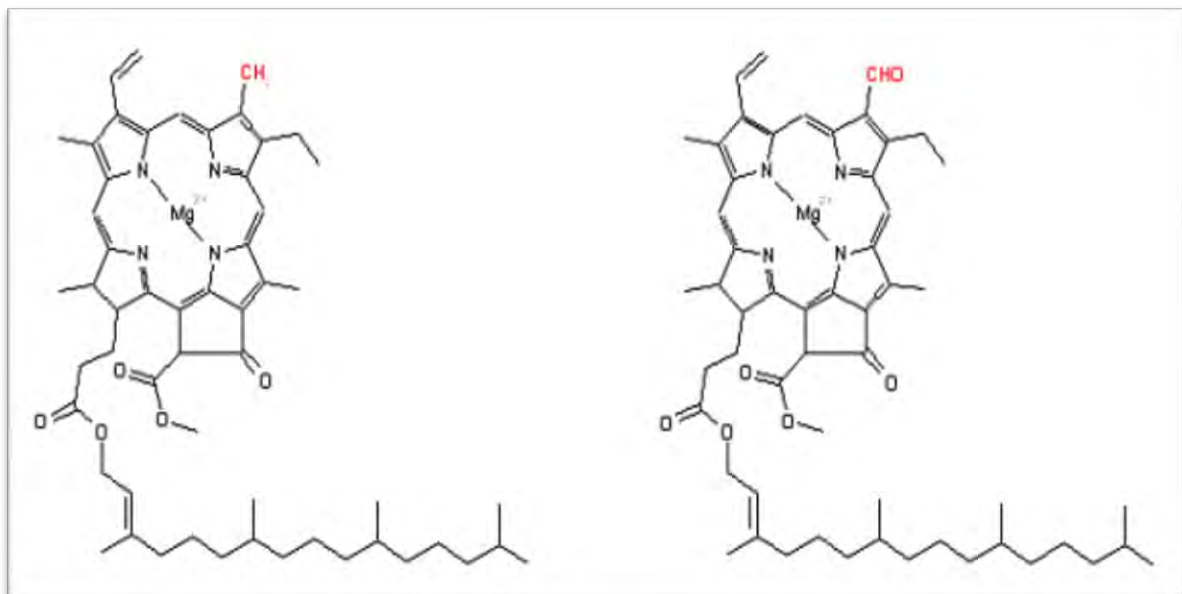


Figure 40 : la structure des chlorophylles a (à gauche) et b (à droite).

Un déficit de magnésium dans le sol affecte donc directement la biosynthèse des chlorophylles, la quantité de pigment fabriquée sera faible et les nouvelles feuilles seront vert-pâle, voire jaunes. Une manifestation de la carence (plus ou moins prononcée) en minéraux affectant la teneur finale en chlorophylle est appelée chlorose.

La chlorophylle, faiblement soluble dans l'eau, l'est en revanche beaucoup plus dans l'alcool éthylique.

V.1.2.2. Spectre d'absorption

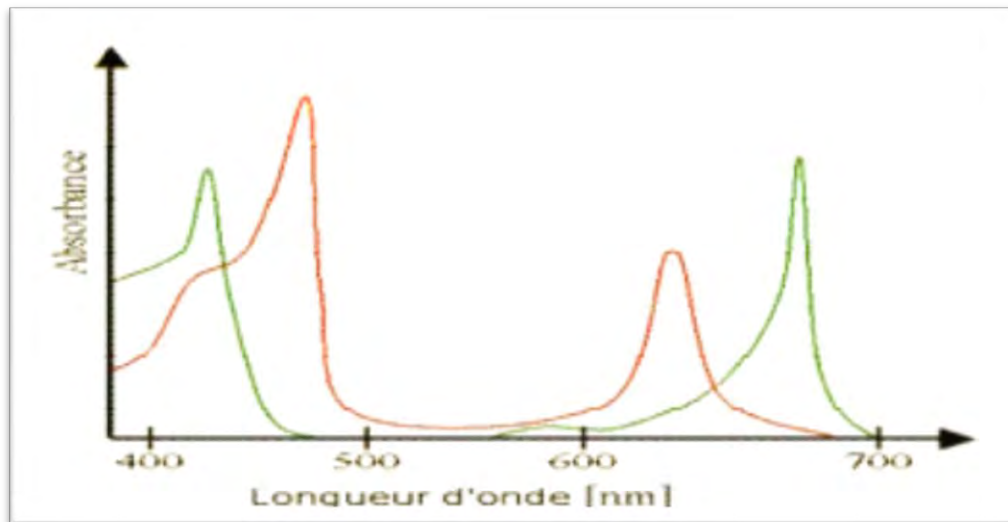


Figure 41 : le spectre d'absorption de la chlorophylle.

En vert le spectre d'absorption de la chlorophylle de type a et en rouge le spectre d'absorption de la chlorophylle de type b.

Le spectre visible se situe approximativement entre 380 nm à 780 nm bien qu'une gamme de 400 nm à 700 nm soit plus commune. La lumière perçue comme « verte » par l'œil et le cerveau humain à une longueur d'onde, selon les notions de la couleur « verte », approximativement entre 500 et 565 nm.

On remarque sur le graphique que l'absorbance de la chlorophylle est moindre pour cette plage du spectre électromagnétique. La chlorophylle absorbe donc la majeure partie du spectre visible sauf la lumière verte.

V.1.3. La proline

La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique ($C_5H_9O_2N$), est l'un des vingt principaux acides aminés naturels qui entrent dans les constitutions des protéines. C'est un corps blanc, très soluble dans l'eau, le méthanol, le benzène et le toluène. Elle est facilement oxydée par la ninhydrine. La proline est neutre et non toxique (Ait Kaki, 1993).

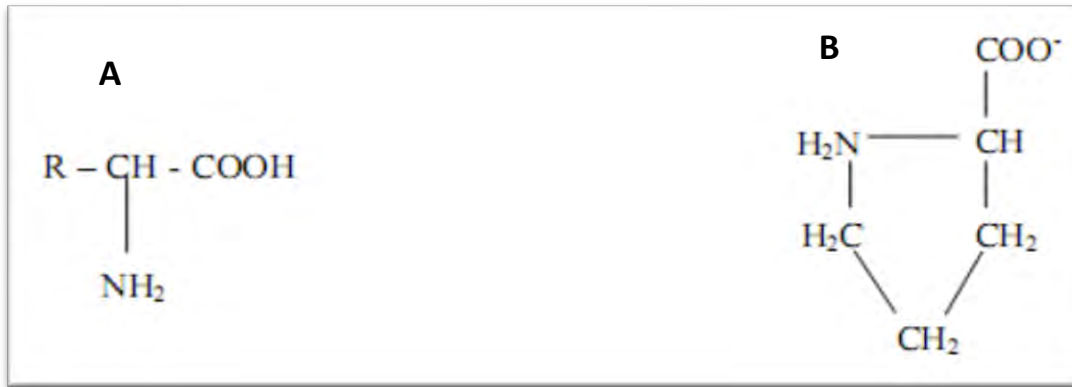


Figure 42 : formule générale des acides aminés A et Formule de la proline B

I.1.3. 1. Métabolisme de la proline

Les précurseurs de la proline sont le glutamate et l'α – cétoglutarate. D'autres auteurs pensent que le métabolisme de la proline est sous l'action de certaines enzymes comme la pyrroline -5- carboxylate réductase (P5C) et la proline déshydrogénase. La proline serait synthétisée à partir de l'acide glutamique par l'intermédiaire de l'acide semi-aldéhyde glutamique et de l'acide 5-carboxylique 1 pyrroline (P5C) (Monneveux et Nemmar, 1986).

La synthèse de la proline est une voie qui tout en n'étant pas la plus complexe souligne le nombre important d'étapes que peut nécessiter la synthèse de certains acides aminés, à fortiori si ceux-ci sont cycliques.

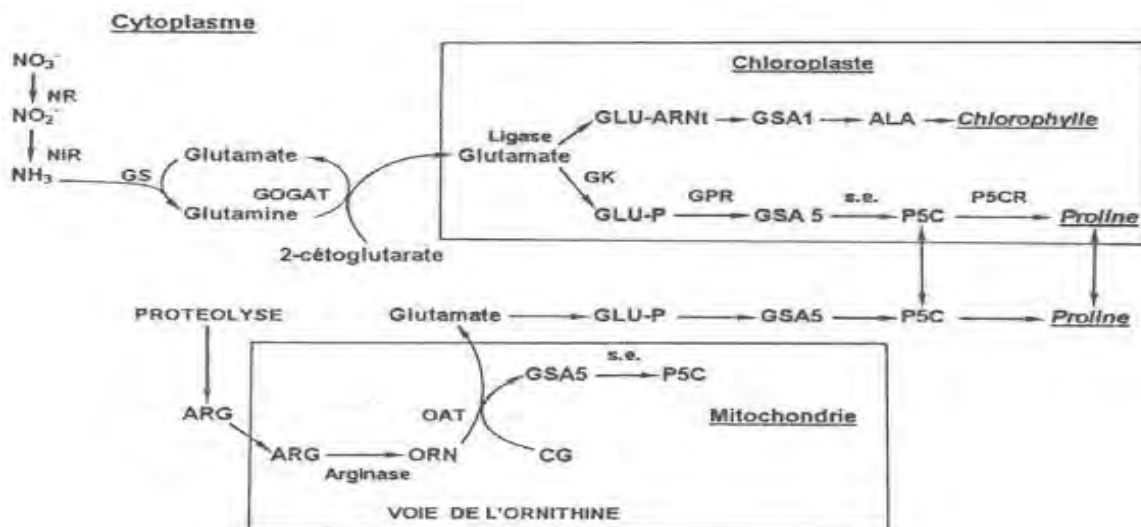


Figure 43 : Interconnexion des voies de biosynthèse de la chlorophylle et de la proline. ALA: Alanine, ARG: Arginine, CG: Cétoglutarate, GLU-P: Glutamyl phosphate, GLU-ARNt: Glutamyl-ARNt, GOGAT: Glutamate synthase, GS: Glutamine synthétase, GSA1: Glutamate 1-semialdéhyde, GSA5: Glutamate 5-semialdéhyde, ORN: Ornithine, P5C: Pyrroline 5-carboxylate, GK: Glutamyle Kinase, GPR: Glutamyle phosphate réductase, OAT: Ornithine-aminotransférèse, P5CR: Pyrroline5-carboxylate réductase, NiR: Nitrite réductase, NR: Nitrate réductase, s.e: sans enzyme.

V.1.3. 2. Accumulation de la proline sous stress

La production et l'accumulation de la proline sont fréquemment associées à un stress telles que : sécheresse, salinité, attaques virales. Son accumulation rapide lors du stress hydrique a, en effet, été mise en évidence chez de nombreuses plantes, particulièrement chez l'orge, le blé tendre, la tomate, le blé dur et l'Atriplex (Rahmoune et maâlame, 2001).

D'autres facteurs influent sur l'accumulation de la proline tels que : l'inhibition de l'oxydation due à un effet mitochondrial, et à la réduction du taux de translocation de l'acide aminé à travers le phloème .

La proline peut intervenir en régulant par l'augmentation de sa concentration la pression osmotique interne, mais aussi en inhibant les mécanismes d'auxésis (Smai, 1991).

D'autres auteurs, proposent qu'elle constitue un stock d'azote utilisable par la plante postérieurement à la période de souffrance hydrique (Dib et al. 1992). Additionnellement, la synthèse de la proline peut être incluse dans la régulation du pH cytoplasmique.

Par conséquent, elle aide dans la stabilisation des protéines membranaires et des protéines libres, ceci suggère qu'elle a un rôle osmoprotecteur, du fait qu'elle est le plus accumulée dans les plastides, les mitochondries et le cytosol, mais non dans les vacuoles ; ceci suggère que les chloroplastes et les mitochondries importent la proline, et la vacuole a une activité exportatrice du moment que la concentration de la proline est faible à son niveau par rapport au cytosol au court du stress.

Il est à noter que la synthèse des protéines est étroitement liée au métabolisme des sucres et la respiration à partir de l' α -cétoglutarate intermédiaire du cycle de Krebs qui donne le squelette carboné pour la synthèse de la proline. Cependant, la synthèse des protéines, associée avec le catabolisme des sucres, pourrait jouer un rôle majeur dans la mobilisation de l'énergie métabolique requise durant le stress pour une compartimentation ionique et synthèse des osmolytes (Bellinger et Larher., 1987).

V.2. Matériel et méthodes

V.2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet de la présente étude concerne la partie foliaire du *Tamarix sp* provenant des trois sites de l'étude (Khabtane et Rahmoune, 2010).

Les échantillons sont prélevés durant la première saison de la floraison c'est-à-dire au mois de Mars 2012. La récolte a été effectuée très soigneusement de manière à ne pas détériorer les éléments organiques et minéraux présents.

V.2.2. Le protocole expérimental

v. 2. 2. 1. Paramètres physiologiques

V. 2. 2. 1.1. Dosage de la chlorophylle totale

L'extraction de la chlorophylle est réalisée selon la méthode de HOLDEN (1975), qui consiste en une macération du végétale dans l'Acétone; le végétale est coupé en petit

morceaux et broyé à l'aide d'un mortier dans de l'Acétone à (80%) tout en ajoutant quelques milligrammes de Carbonate de Calcium. Après le broyage total, la solution obtenue est filtrée et mise dans des boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière), puis on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre, à deux longueurs d'ondes : (645 et 663 nm), après étalonnage de l'appareil avec la solution témoin d'Acétone à 80%.

D'après Arnon (1949) la formule relative au solvant nous permet de calculer la valeur de la chlorophylle.

$$\text{Chlorophylle totale (a+b)} = 8,02 \times \text{DO}_{663} + 20,2 \times \text{DO}_{645}$$

V. 2. 2. 1.2. Dosage des sucres solubles

Nous avons procédé au dosage des sucres solubles dans les feuilles des plantes selon la méthode de Dubois, (1956). Pour l'extraction des sucres solubles : Mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai puis ajouter 2 ml d'Ethanol à 80%. Laisser les tubes fermés au repos pendant 48h.

Faire évaporer l'Alcool en mettant les tubes à essai dans un bain Marie à 70°C. Après refroidissement, on ajoute 20 ml d'eau distillée dans chaque tube à essai. Prendre 1 ml de la solution et ajouter 1 ml de Phénol à 5 % et bien agiter. Ajouter 5 ml d'Acide Sulfurique concentré dans chaque tube à essai puis les passer au vortex, laisser au repos pendant 10mn ensuite mettre les tubes au bain marie pendant 15 mn à 30°C. Procéder à la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 490 nm

La détermination de la teneur des sucres solubles est réalisée selon la formule:

$$\text{Sucres solubles } (\mu\text{g/g MS}) = \text{DO}_{490} \times 1.657$$

V. 2. 1.3. Dosage de la proline

La proline est dosée selon la technique utilisée par Troll et Lindesly (1955) simplifiée et mise au point par Dreier et Goring (1974) et modifiée par Monneveux et Nemmar (1986).

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique.

La proline se couple avec laNinhydrine en formant un complexe coloré. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon. On met 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

Après refroidissement, 1 ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'Acide Acétique et 25 mg de Ninhydrine. Ensuite, on ajoute, dans chaque tube, 1 ml d'un mélange contenant : 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'Acide Acétique, 80 ml d'Acide Ortho Phosphorique

On porte les tubes à essai à ébullition au bain marie pendant 30 min. Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au

vortex deux phases apparaissent. On prélève la phase supérieure à la quelle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48h.

On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à une longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule:

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MS}) = \text{DO}_{528} \times 0.62$$

V. 2. 1.3. Dosage des protéines totales:

Le dosage des protéines a été réalisé selon la méthode colorimétrique de Bradford (1976) comme suit : chaque échantillon constitué de 0.5g de matière fraîche foliaire, est découpé et macéré dans 10ml de l'acide trichloracétique acétique (20%).

Après broyage et filtration dans des tubes à essai, 1ml de l'extrait est prélevé et centrifugé à 5000tr/min pendant 10min. On verse le surnageant et on garde dans le même tube le culot auquel on ajoute 1ml du mélange éther/chloroforme (1/1), puis on procède à une deuxième centrifugation à 5000 trs/min qui donne deux phases, on récupère le surnageant au lequel on ajoute 1ml de NaOH (0.1N) et on agite énergétiquement pour la dissolution des protéines.

Après on prélève, au moyen d'une micropipette, un volume de 100 μ l auquel on ajoute 4ml de réactif BBC (bleu brillant de Coumassie (50mg BBC + 50ml de l'acide ortho phosphorique 85% et on complète a 500ml avec de l'eau distillée), une couleur bleu apparait et on passe directement à la lecture au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 595nm.

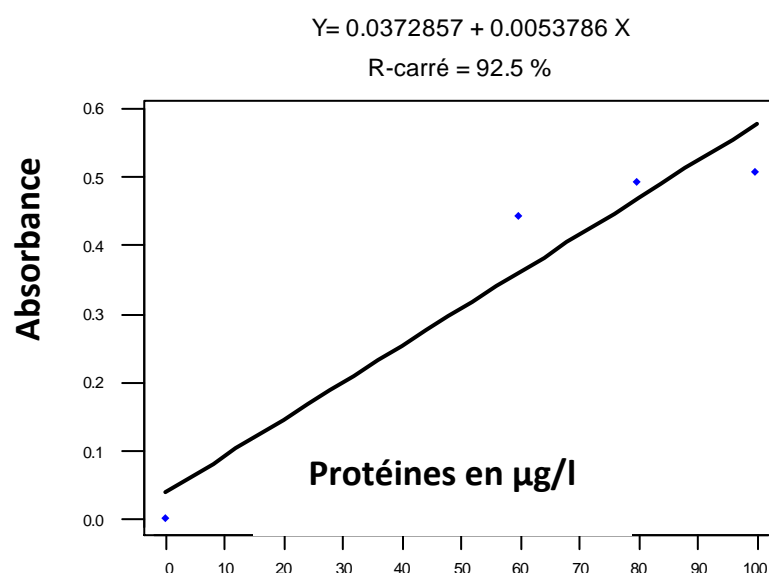


Figure 44 : détermination de taux des protéines par la méthode d'étalonnage

Le calcul des concentrations réelles se fait par l'équation déduite de la gamme d'étalonnage et par des conversions prenant en considération toute les dilutions réalisées.

V.2.3. Paramètres biochimiques

V.2.3. 1. Dosage des acides nucléiques

L'ADN et l'ARN ont été dosés selon la technique utilisée par Burton, (1956). Mettre 0.2g de matière sèche végétale dans des tubes à essai auxquels on ajoute 2 ml d'Acide Perchlorique (0.5N). Incuber en bain marie pendant 20mn à 90°C. Ensuite passer les tubes à essai dans la centrifugeuse pendant 10 mn à 2000 tours /mn. A la fin de la centrifugation on obtient une solution contenant à la fois de l'ADN et de l'ARN.

V.2.3. 1. 1. Dosage de l'ADN

On prend 0.5 ml de la solution récupérée, à la quelle on ajoute 0.5 ml d'acide perchlorique et 2 ml de diphénylamine dans des tubes à essai. On couvre les tubes et on les laisse au repos à l'obscurité pendant 18h, ensuite on procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 600 nm.

Préparation du réactif à la diphénylamine :

Dissoudre 500mg de diphénylamine dans 49 ml d'acide acétique et 1 ml d'acide chloridrique concentré HCl. La détermination de la teneur de l'ADN est réalisée selon la formule :

$$\text{ADN } (\mu\text{mol/g MS}) = (\text{DO}_{600} - 0.015) / 0.005986$$

V.2.3. 1. 2. Dosage de l'ARN

On ajoute 1 ml d'eau distillée à 0.5 ml de solution récupérée et 1.5 ml d'orcinol dans des tubes à essai, lesquels sont portés à ébullition dans le bain marie pendant 45 mn. Après refroidissement à l'eau de robinet, on procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 675 nm.

Préparation du réactif à l'orcinol :

Dans un Erlenmeyer on ajoute 3 mg de chlorure de cuivre à 100 mg d'orcinol, sur lesquels on verse 50 ml d'HCl.

La détermination de la teneur de l'ARN est réalisée selon la formule:

$$\text{ARN } (\mu\text{mol/g MS}) = (\text{DO}_{675} - 0.0071) / 0.0061$$

V.2.4. Traitement et analyse statistique

Tous les essais ont été répétés au moins trois fois, les résultats, présentés sous forme d'histogrammes rejoignent le plus souvent des valeurs moyennes et leurs écart types, ces deux derniers ont été réalisés par le logiciel *Excel 2007*.

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à deux facteurs fixes, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls, basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par le logiciel *MINITAB* version *13.31* pour Windows.

On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0,05$. Les graphes présentés et les tableaux des groupements des moyennes sont réalisés par *l'Excel 2007*.

Les moyennes obtenues ont été comparées entre elles par l'analyse de variance (ANOVA) en effectuant le test multiple de Fisher pour un seuil de significativité de 5%.

Les groupes homogènes ont été réalisés par le logiciel « *XLSTAT 2009* » en utilisant le test de Newman-Keuls.

V.3. Résultats et discussion

V.3. 1. Variation de la teneur en chlorophylle (a+b)

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (Tableau I) entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en chlorophylle totale (chlorophylle a+b ;Tableau 30)

Source	ddl	Chlorophylle (a+b)	Sucres Totaux	Proline	Protéines totales	ADN	ARN
Effet site	2	74,469 ***	0,000029 ns	0,27716 ***	0,39251 ***	62,490 ***	7,551 **
Erreur	6	0,859	0,000453	0,00781	0,00241	0,610	0,303

Tableau 30 : résultats de l'analyse statistique des métabolites primaires étudiés dans les trois sites (Effet ns: non significatif, *: significatif, **: hautement significatif et *** : très hautement significatif au seuil 5%)

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir trois groupements homogènes A,B et C . Le premier groupe (A) dominant est représenté par le site d'étude Oued El Arab avec une moyenne maximale de teneur en chlorophylle total de 19.02 $\mu\text{g/g}$ MF; le deuxième groupe B représente le site d'étude Ouazerne avec une moyenne de 10.78 $\mu\text{g/g}$ MF et le dernier groupe C représente le site d'étude Garaet El Taref avec une moyenne de 10.05 $\mu\text{g/g}$ MF (Figure 45).

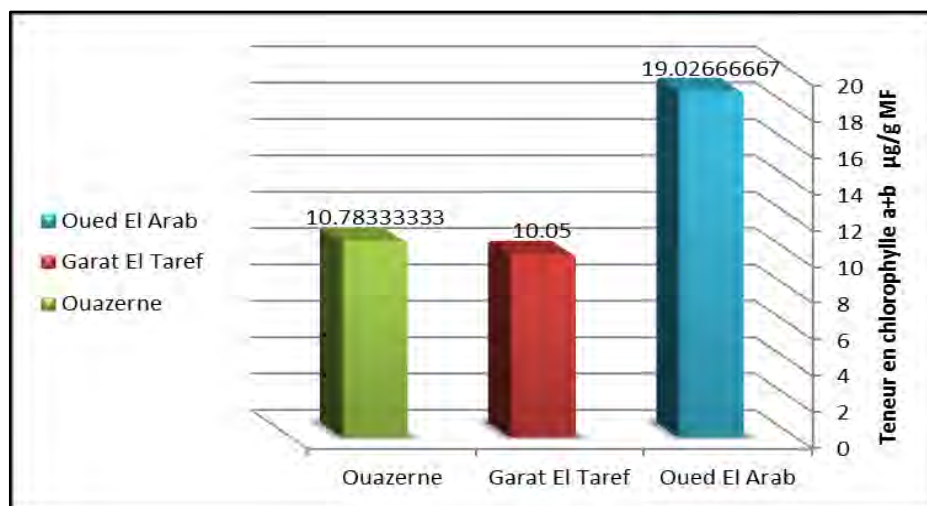


Figure 45 : les résultats de la teneur en chlorophylle (a+b) en (µg/g MF) dans la partie aérienne chez le *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

Les résultats que nous avons obtenus montrent l'effet du biotope sur les concentrations de la chlorophylle totale (Tableau 33). L'augmentation des teneurs en chlorophylle totale est la conséquence de la réduction de la taille des cellules foliaires sous l'effet d'un stress hydrique qui engendre une plus grande concentration (Siakhène, 1984). Par contre, la chute des teneurs en chlorophylle est la conséquence de la réduction de l'ouverture des stomates visant à limiter les pertes en eau par évapotranspiration et par augmentation de la résistance à l'entrée du CO₂ atmosphérique nécessaire à la photosynthèse (Bousba et al.2009).

paramètres sites	Chlorophylle (a+b) En (µg/g MF)	Sucres Totaux En (µg/g MF)	Proline En (µg/g MF)	Protéines totales En (µg/g MF)	ADN En (µmol/g MS)	ARN En (µmol/g MS)
Oued El Arab	19.026	0.184	1.178	1.178	5.623	1.047
Garat El Taref	10.050	0.178	0.596	0.596	10.858	1.513
Ouazerne	10.783	0.182	0.515	0.515	1.765	3.999

Tableau 31 : résultats de dosage des principaux métabolites primaires et les acides nucléiques chez *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

V.3. 2. Variation de la teneur en sucres solubles totaux

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il n'y a une différence significative (Tableau 32) entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en sucres totaux ce qui indique qu'il n'y a pas de différence entre les trois variétés dans l'accumulation des sucres solubles dans leurs feuilles. Exceptionnellement, la teneur foliaire en sucres totaux a caractérisé le site de Oued El Arab qui enregistre le taux le plus élevé, 0.184 μ g/g MF (Figure 46 et Tableau 31).

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha= 5\%$ fait ressortir un seul groupement groupements homogènes A. Qui regroupe les trois variétés dans les trois sites d'étude

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Loretti et *al.* 2001).

Les sucres solubles sont des indicateurs des degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose, et fructose) permettent la résistance aux différents stress Zerrad et *al.*, 2006).

Alors qu'on explique l'abaissement des concentrations de sucres par leur stockage sous une forme complexe en substances de réserves.

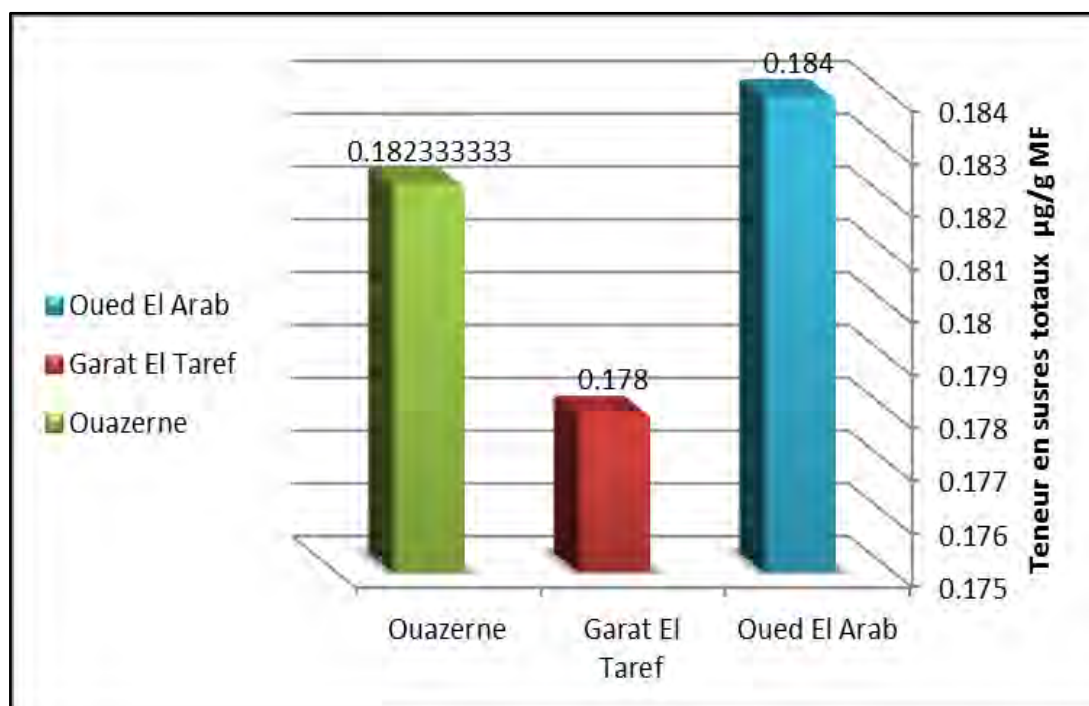


Figure 46 : les résultats de la teneur en sucres totaux en (μ g/g MF) dans la partie aérienne chez le *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

Corte et Sinclair (1987) et autres ont attribué l'augmentation des sucres solubles à une dégradation des réserves amylacées suite à leur conversion rapide en saccharose, fait qui pourrait aussi être attribué à une inhibition de la synthèse de l'amidon.

Les sucres solubles protègent les membranes contre la déshydratation, en condition de déficit hydrique, ils participent en grande partie à l'abaissement du potentiel osmotique.

V.3.3. Variation de la teneur en proline

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus révèle l'existence de différence très hautement significative entre les trois variétés de la plantes dans les trois différents sites d'études (Tableau 30).

Le test Newman-Keuls au seuil 5% classe l'effet du biotope en trois groupes A, B et C, Les groupes A caractérise la plus haute accumulation de la proline avec une moyenne de 1.06 $\mu\text{g/g}$ MF. Le groupe B le site de Garaet El Taref avec une moyenne de 0.55 $\mu\text{g/g}$ MF. Tandis que, le dernier groupe C contient le site de Ouazerne avec une faible moyenne de teneur en proline de 0.50 $\mu\text{g/g}$ MF (figure 47 et tableau 31).

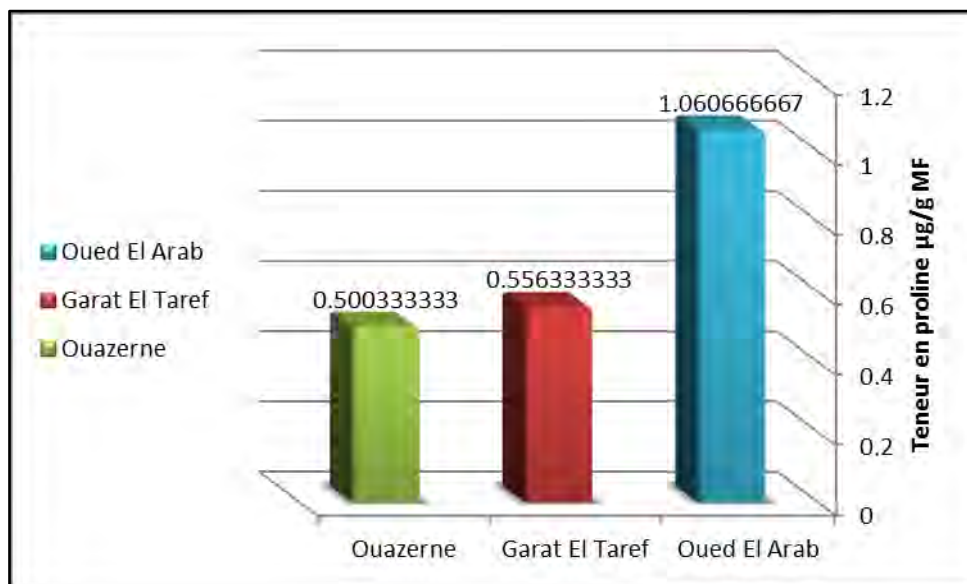


Figure 47 : les résultats de la teneur en proline en ($\mu\text{g/g}$ MF) dans la partie aérienne chez le *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

Cette variation dans l'accumulation de la proline observée sur les plantes du *Tamarix sp.* expérimentées serait due à une compartimentation de l'acide aminé, d'où l'expression de sites de résistance de la plante à la contrainte saline.

Les résultats montrent le caractère halophile de la plante, qui a répondu aux conditions abiotiques, par augmentation de la teneur en prolines. L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui-ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence. (El Midaoui et al, 2007).

V.3. 4. Variation de la teneur en protéines totales

L'analyse statistique de la variance des résultats obtenus révèle l'existence de différence très hautement significative entre les trois variétés de la plantes dans les trois différents sites d'études (Tableau 30).

Le test Newman-Keuls au seuil 5% classe l'effet biotope en trois groupes A, B et C, Les groupes A caractérise le site de Oued El Arab par la plus haute accumulation des protéines totales avec une moyenne de $1.17\mu\text{g/g}$ MF. Le groupe B représente le site de Garat El Taref avec une moyenne de $0.59\mu\text{g/g}$ MF. Tandis que, le dernier groupe C contient le site d'Ouazerne avec une faible moyenne de teneur en protéine de $0.51\mu\text{g/g}$ MF (Figure 48 et Tableau 31)

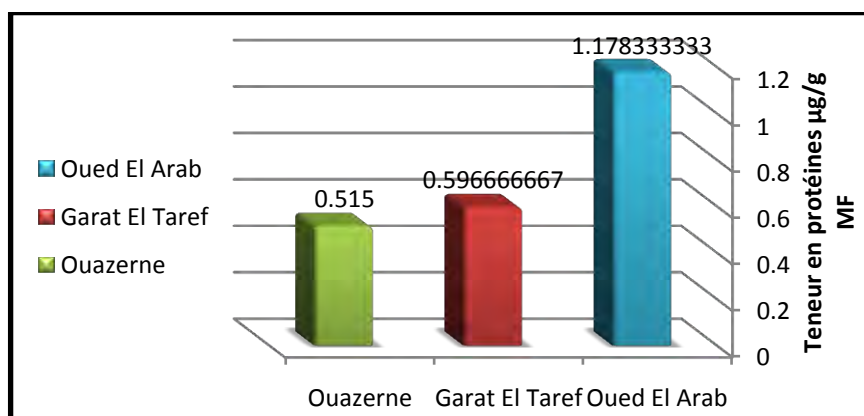


Figure 48 : les résultats de la teneur en protéines totales en ($\mu\text{g/g}$ MF) dans la partie aérienne chez le *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

I.3.4. Variation de la teneur en teneur en ADN

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence très hautement significative (tableau I) entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en ADN des plantes en présence des contraintes du biotope (Tableau 30).

Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir trois groupements homogènes. Le premier groupe (A) dominant est représenté par les sites de Garaet El Taref

avec une valeur de 10.85 $\mu\text{mol/g MS}$, le deuxième groupe (B) est représenté par Oued El Arab par une valeur de 5.62 $\mu\text{mol/g MS}$ et le troisième groupe (C) est représenté par le site d'Ouazerne par une valeur de 1.765 $\mu\text{mol/g MS}$ (Figure 49 et Tableau 31).

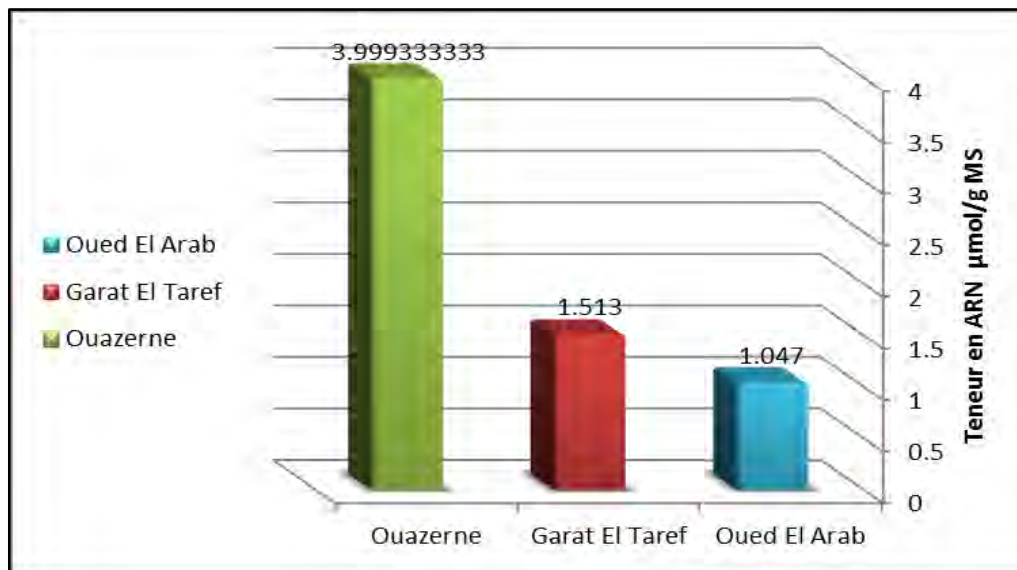


Figure 49 : les résultats de la teneur en ADN en ($\mu\text{mol/g MS}$) dans la partie aérienne chez le *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

Les teneurs obtenues pour le dosage de l'ARN sont inversement proportionnelles à celles obtenues pour le dosage des protéines azotées ceci est probablement dû aux effets des contraintes abiotiques sur les mécanismes de transcription et synthèse des protéines.

Des résultats similaires ont été obtenus dans des études de (Nieman, 1965 in Katterman, 1990) portant sur les effets de la salinisation sur l'haricot. Les résultats obtenus montrent une réduction de la vitesse du développement cellulaire et la synthèse des protéines et ARN dans les feuilles de l'haricot (*Phaseolus vulgaris L.*)

V.3. 5. Variation de la teneur en ARN

L'analyse de la variance à un critère de classification montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différentes moyennes mesurées de la teneur en ARN de la plante en présence des contraintes du biotope (Tableau 32).

Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir deux groupements homogènes A et B. Le premier groupe (A) dominant est représenté par les sites de Ouazerne avec une valeur de 3.99 $\mu\text{mol/g MS}$, le deuxième groupe (B) est représenté par Garaet El Taref et Oued El Arab par des valeurs successives de 1.513 $\mu\text{mol/g MS}$ et 1.047 $\mu\text{mol/g MS}$. (Figure 50 et Tableau 31)

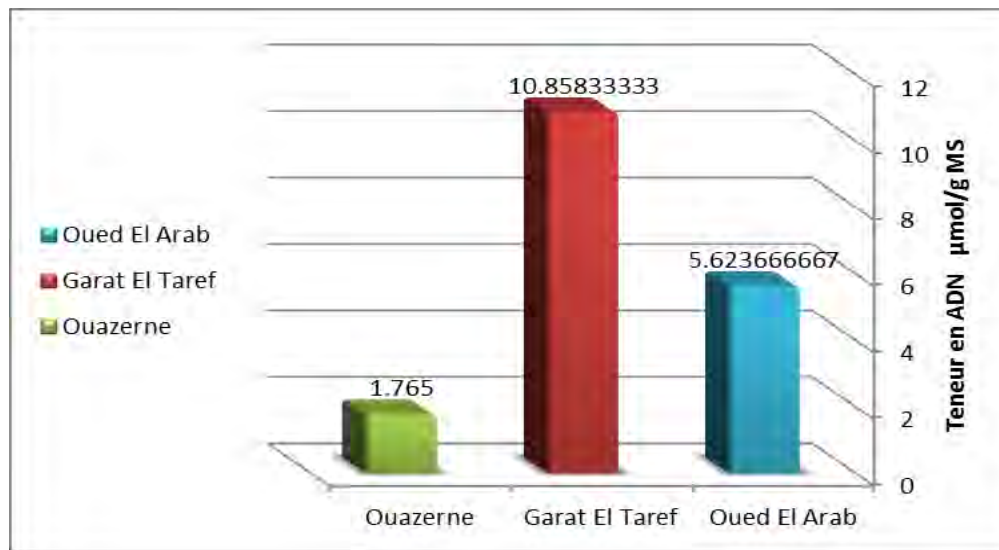


Figure 50: les résultats de la teneur en ARN en ($\mu\text{mol/g MS}$) dans la partie aérienne chez le *Tamarix sp.* dans les trois sites d'étude

V. 4. Conclusion

L'étude de la réponse aux contraintes abiotique chez le *Tamarix* provenant des trois sites d'étude révèle l'existence d'une grande variabilité pour la plupart des paramètres mesurés. On peut donc conclure que le biotope influence le comportement biochimique et physiologique du *Tamarix sp.*

A partir de nos résultats on constate que le *Tamarix sp* présente une grande adaptabilité à la sécheresse, à l'érosion et à la salinité. Il présente en outre de bonnes facultés d'installation dans des milieux variés, un intérêt en termes de biodiversité, une capacité de bouturage et des propriétés leur permettant d'être intégré dans différents contextes techniques.

Au-delà de ces aptitudes, il est probable que ces espèces aient d'autres atouts permettant de les préconiser dans une logique multifonctionnelle. Elles sont ainsi utilisées pour rendre cultivables des terres salines.

CHAPITRE VI

Etude de la variabilité des métabolites secondaires et leur effet bactéricide

VI. Introduction

Les plantes constituent la source majeure de médicaments grâce à la richesse de ce qu'on appelle le métabolisme secondaire (Fouché et al, 2000).

Environ 25 % du nombre total de médicaments utilisés en thérapeutique sont des produits d'origine végétale, entre autres, l'atropine, la codéine, et la morphine.

Les métabolites secondaires sont utilisés pour prévenir, soigner ou soulager divers maux ; Le développement de la résistance microbienne aux antibiotiques disponibles a mené des auteurs à chercher d'autres alternatives, en se basant sur l'étude de l'activité antimicrobienne des plantes médicinales (Nostro et al, 2000), entre autre le *Tamarix sp*. Que nous viendrons d'étudier.

Par ailleurs, la phytothérapie requiert une connaissance parfaite des composants chimiques contenus dans un organe végétal et une bonne connaissance des modes d'emploi et ceci afin de bien cibler et corriger soit les carences soit le déséquilibre qui est lui-même dû à plusieurs facteurs.

VI.1. Les Métabolites secondaires

Les plantes produisent une large variété de composés chimiques, chacune possède son ensemble spécifique de métabolites secondaires qui ne sont pas impliqués dans les processus métaboliques de base de la plante, mais sont impliqués dans l'interaction de l'organisme produisant avec son environnement. Il existe environ 100 000 composés connus qui sont d'origine naturelle et extraits des plantes. Chaque année, ce nombre augmente d'environ 4 000 composés nouvellement découverts(Harborne JB, 1999).

VI.1. 2La fonction des métabolites secondaires

La plante doit faire face à de multiples agressions de l'environnement dans lequel elle vit : prédateurs, microorganismes pathogènes, etc. On conçoit donc que la plante puisse développer un métabolisme particulier lui permettant de synthétiser les substances les plus diverses pour se défendre : les métabolites secondaires Ils ont des fonctions très différentes, par exemples:

- Protection contre l'attaque des pathogènes ou des herbivores
- Attraction des pollinisateurs
- Ils participent à des réponses allélopathiques (Compétition entre les plantes pour la germination et la croissance)
- Ils sont des molécules qui sont aussi très utiles pour l'homme, comme : colorants, arômes, antibiotiques, herbicides, drogues etc.

On trouve des métabolites secondaires dans toutes les parties de plantes, mais ils sont distribués différemment selon leurs rôles. Cette distribution varie d'une plante à l'autre.

VI.1. 3. Classification des métabolites secondaires

VI.1. 3-1-Les terpénoïdes

Ils sont formés par la polymérisation des unités à 5 atomes de carbone. Le nom a origine historique car les premiers membres du group ont été isolés de la térébenthine (terpentin)

Les terpènes sont des dérivés de l'isoprène C_5H_8 et ont pour formule de base des multiples de celle-ci $(C_5H_8)_n$. On peut considérer l'isoprène comme l'un des éléments de construction préférés de la nature (figure51).

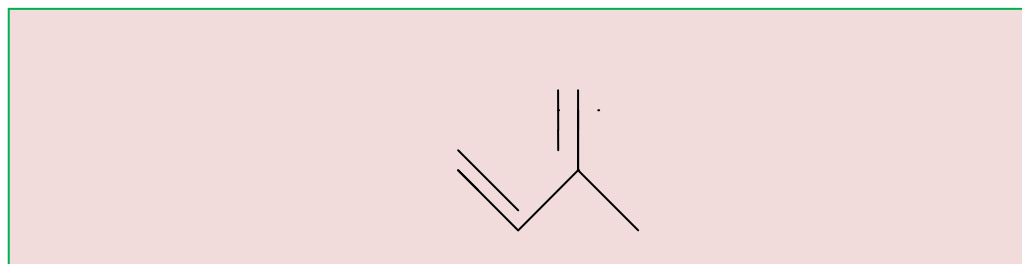


Figure 51: la structure chimique d'un terpnoïde (Isoprène)

Leur squelette de carbone est constitué d'unités isopréniques reliées entre eux. Ces squelettes peuvent être arrangés de façon linéaire ou bien former des cycles

Ils sont classés selon le nombre d'unités (5C).

Parmi les terpènes les plus importants on trouve: l' α -pinène, le β -pinène, le δ -3-carène, le limonène, le carotène...

VI.1. 3-2-Les stérols

Ce sont des dérivés des phytostérols. Ces composés sont naturellement présents dans la fraction lipidique des plantes. Ils ne sont pas synthétisés par l'homme et l'animal, ils ne peuvent être apportés que par l'alimentation. Plusieurs études ont démontré que les phytostérols et les phytostanols réduisent l'absorption du cholestérol dans l'intestin grêle.

VI.1. 3-3-Stéroïdes

Les stéroïdes constituent un groupe de lipides dérivant de triterpénoïdes (lipides à 30 atomes de carbones), majoritairement le squalène. Ils se caractérisent par un noyau cyclopentanophénanthrénique hydrophobe partiellement ou totalement hydrogéné. Habituellement, les carbones C10, C13 sont liés à un groupe méthyle - CH_3 et le carbone C17 à un groupe alkyle.

Par extension, les stéroïdes incluent également les lipides dont le noyau cyclopentanophénanthrénique a été modifié par scission d'une liaison et l'ajout ou la déletion d'un carbone. En médecine le terme «stéroïde» fait référence aux hormones stéroïdiennes.

VI.1. 3-4- Les saponines

Le nom saponine dérive du mot latin «sapo», qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Ils se composent d'aglycones non polaires liés à un ou plusieurs sucres. Cette combinaison d'éléments structuraux polaires et non polaires explique leur comportement moussant en solution aqueuse. Comme définition, on dirait qu'une saponine est un glycoside de stéroïde ou de triterpène. Fondamentalement, on distingue les saponines stéroïques et les saponines triterpéniques dérivant tous deux biosynthétiquement de l'oxyde de squalène (Manach C. et al, 2004).

VI.1. 3-5- Les alcaloïdes

VI.1. 5-1-Définition des alcaloïdes

Les alcaloïdes forment un vaste groupe de métabolites secondaires. Il existe plusieurs définitions des alcaloïdes. Cette définition comporte les points essentiels suivants :

- Un alcaloïde est un composé organique d'origine naturelle,
- azoté,
- plus ou moins basique,
- de distribution restreinte,
- et doué, à faible dose, de propriétés pharmacologiques marquées.

Ils sont généralement synthétisés dans les tissus périphériques des plantes, puis sont stockés dans des compartiments tels que les vacuoles. La régulation de la synthèse de ces alcaloïdes, qui peut s'exercer au niveau de l'expression enzymatique, est dépendante du stade de différenciation. Leur rôle dans les plantes est assez- peu connu. Certains pourraient intervenir dans les relations de défense plantes-prédateurs.

VI.1. 3-5-2. Classification des alcaloïdes

Ils se présentent fréquemment sous forme de sels, mais certains se produisent également en combinaison avec des sucres, et d'autres apparaissent sous forme d'amides ou esters. Les alcaloïdes peuvent aussi être des sels quaternaires ou d'oxyde d'amine tertiaire. Ils peuvent être classés en fonction de leur structure chimique, de leurs activités biologiques et écologiques ou de leur voie de biosynthèse. Les voies métaboliques sont généralement propres à un groupe taxonomique (espèce, famille, ...) et peuvent en constituer des éléments descriptifs caractéristiques.

VI.1. 3-6-Composés phénoliques

VI.1. 3-6-1-Définition

Les molécules phénoliques sont constituent une famille de molécules largement présente dans le règne végétal. Ils sont des composés qui contiennent un groupe phénol (Anneau aromatique avec un groupe hydroxyle). Ils peuvent avoir plusieurs différents substituant. (Figure52)

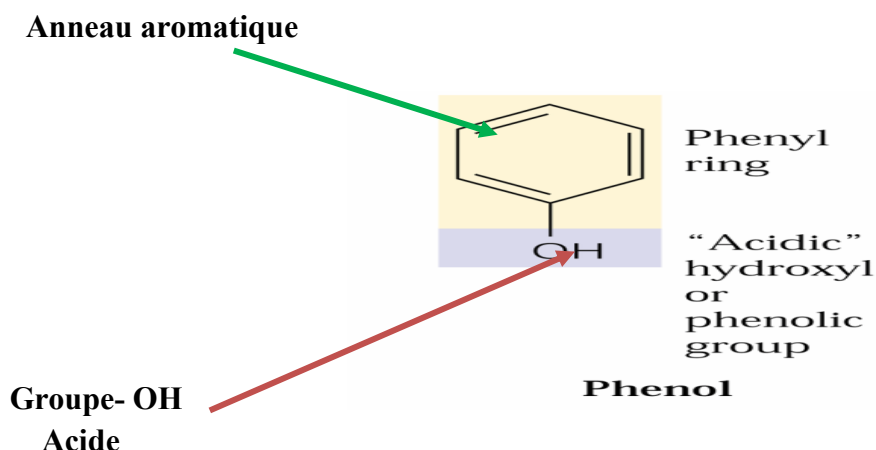


Figure 52: la structure générale d'un groupe phénol

Les polyphénols sont caractérisés comme l'indique le nom, par la présence de plusieurs groupements phénoliques associés en structures plus ou moins complexes généralement de haut poids moléculaire. Ces composés sont le produit du métabolisme secondaire des plantes.

Il y a deux voies synthétiques principales : la voie shikimate et acétate (Lugasi et al, 2003). Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets sur la santé.

En effet leurs rôles d'antioxydants naturels suscitent de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement du cancer des maladies inflammatoires, des maladies cardiovasculaires, des maladies neurodégénératives. Ils sont également utilisés comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique (conférence internationale sur l'application des polyphénols, 2006).

Les polyphénols sont communément subdivisés en phénols simples, (acides phénols, flavonoides simples, et proanthocyanidins) forment le groupe des composés phytochimiques le plus important des plantes (Beta et al. 2005).

Toutes les classes de composés phénoliques comportent un grand nombre de structures différentes en fonction du nombre et de la position des groupements hydroxyles sur le squelette de base. Ces structures peuvent également être diversement substituées (glycosylées, estérifiées, acylées...).

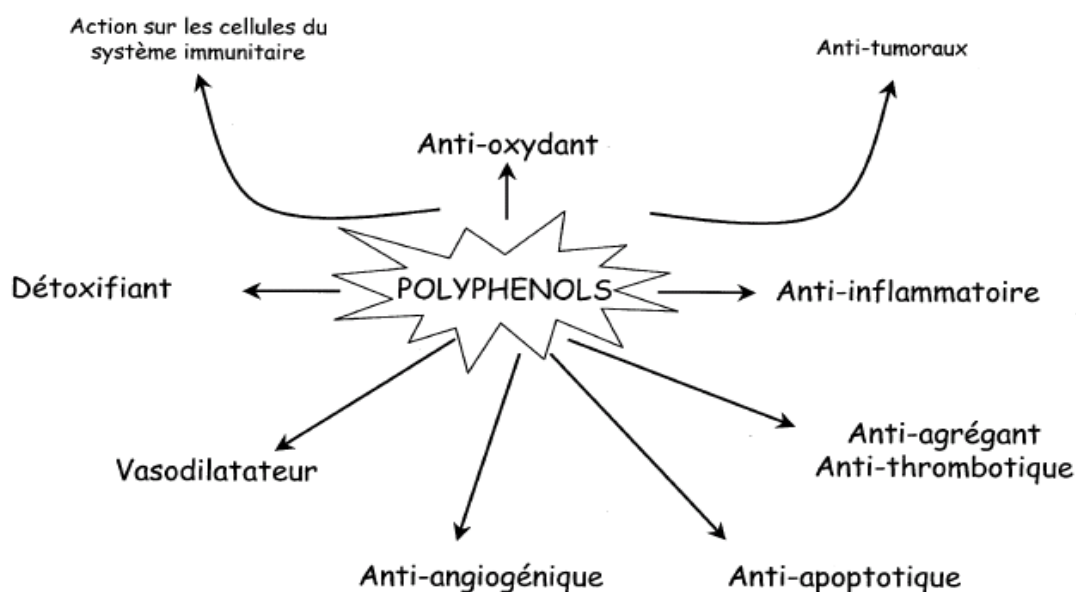


Figure 53 : les effets biologiques des polyphénols selon Martin et Andriantsitohaina, 2002).

VI.1. 3-6-2-Les classes des polyphénols

A) -Les composés non flavonoïdes

A-1. Les acides phénoliques

Sont contenus dans un certain nombre de plantes agricoles et médicinales, Sont considérés comme substances phytochimiques avec des effets prebiotique, antioxydant, anti-inflammatoire (Psotova et al. 2003)

On distingue deux principales classes d'acide phénolique; les dérivés de l'acide benzoïque, et les dérivés de l'acide cinnamique. La concentration de l'acide hydroxybenzoïque est généralement très faible chez les végétaux comestibles. Ces dérivés sont assez rares dans l'alimentation humaine par contre ceux d'acides hydroxycinnamiques sont très présents (Fleuriet et al, 2005).

A.2. Les stilbènes

Les stilbènes se trouvent en petites quantités dans l'alimentation humaine, parmi ces composés on trouve le resveratrol qui est un anticancéreux présent dans certaines plantes médicinales (Fleuriet et al, 2005).

A.3. Les lignanes et les lignines

Les monolignols sont les dérivés de l'acide cinnamique, ils servent de précurseurs pour les composés de types phénylpropanoïdes tels que les lignanes et les lignines.

Les lignanes répondent à une représentation structurale de type (C6-C3)₂; l'unité (C6 - C3) est considérée comme un propylbenzène.

Les plantes les élaborent par dimérisation oxydante de deux unités d'alcool coniférique.

Quand cette dimérisation implique une liaison oxydante par les C- 8 des chaînes latérales propényles de deux unités d'alcool coniférique liées, formant la liaison (C8-C8), les

métabolites résultants portent le nom de lignane . Le terme néolignane est employé pour définir toutes les autres types de liaison. Lorsqu'il n'y a pas de liaison directe (C-C) entre les unités (C6-C3) mais liés par un atome d'oxygène d'éther, le composé est appelé oxynéolignane. Il existe d'autres types de lignanes tels que les sesquinéolignanes (ayant trois unités (C6-C3)) et les dinéolignanes (contenant quatre unités de (C6-C3)). Les lignanes se trouvent essentiellement dans les graines d'oléagineux.

Les lignines constituent une classe importante de produits naturels dans le règne végétal et seraient formées par polymérisation oxydative de monolignols (monomères) qui sont les alcools *p*-coumarique, coniférique et sinapique (Jutiviboonsuk et al. 2005)

A.4. Les coumarines

Elles sont issues du métabolisme de la phénylalanine via un acide cinnamique, l'acide *p*-coumarique. Les coumarines sont des hétérocycles oxygénés ayant comme structure de base le benzo-2-pyrone. Ils ont été isolés pour la première fois par Vogel en 1820 dans le *Coumarouna odorata*. Aujourd'hui, près de 1000 composés coumariniques sont isolés dans plus de 800 espèces de plantes et dans les microorganismes. Dans les plantes, on les rencontre chez les Apiacées, les Astéracées, les Fabacées, les Rosacées, les Rubiacées, les Rutacées et les Solanacées. Du point de vue structural, ils sont classés en coumarines simples avec des substituants sur le cycle du benzène, les furanocoumarines, les pyranocoumarines , les coumarines substitués en position 3 et/ou 4 . Le dernier groupe serait celui des dimères (Sakagami. 2005)

Les coumarines libres sont solubles dans les alcools et les solvants organiques tels que l'éther ou les solvants chlorés dans lesquels ils sont extractibles. Les formes hétérosidiques sont plus ou moins solubles dans l'eau.

Les coumarines sont cytotoxiques, antivirales, immunostimulantes, tranquillisantes, vasodilatatrices, anticoagulantes (au niveau du coeur), hypotensives ; elles sont également bénéfiques en cas d'affections cutanées.

L'odeur de foin fraîchement coupé de la coumarine est très utilisée en parfumerie .Elles est aussi utilisée dans les produits cosmétiques

B- Les flavonoïdes

Ce sont des pigments hydrosolubles fréquents chez les végétaux et responsables de certaines colorations des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. Ils ont une origine biosynthétique commune et possèdent de ce fait le même élément structural de base : enchaînement de 2-phénylchromane.

Les flavonoïdes sont connus principalement pour leur activité antioxydante (Bruneton, 1999).

On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastes particuliers, les chromoplastes . Le terme flavonoïde regroupe une très large gamme de composés naturels polyphénoliques. On dénombre près de 6500 flavonoïdes, et leur nombre ne cesse d'accroître. Par définition, les flavonoïdes sont des composés qui ont en commun la structure du diphenylpropane (C6-C3-C6) (figures 53); les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétérocycle oxygéné (Rijke et al, 2006)

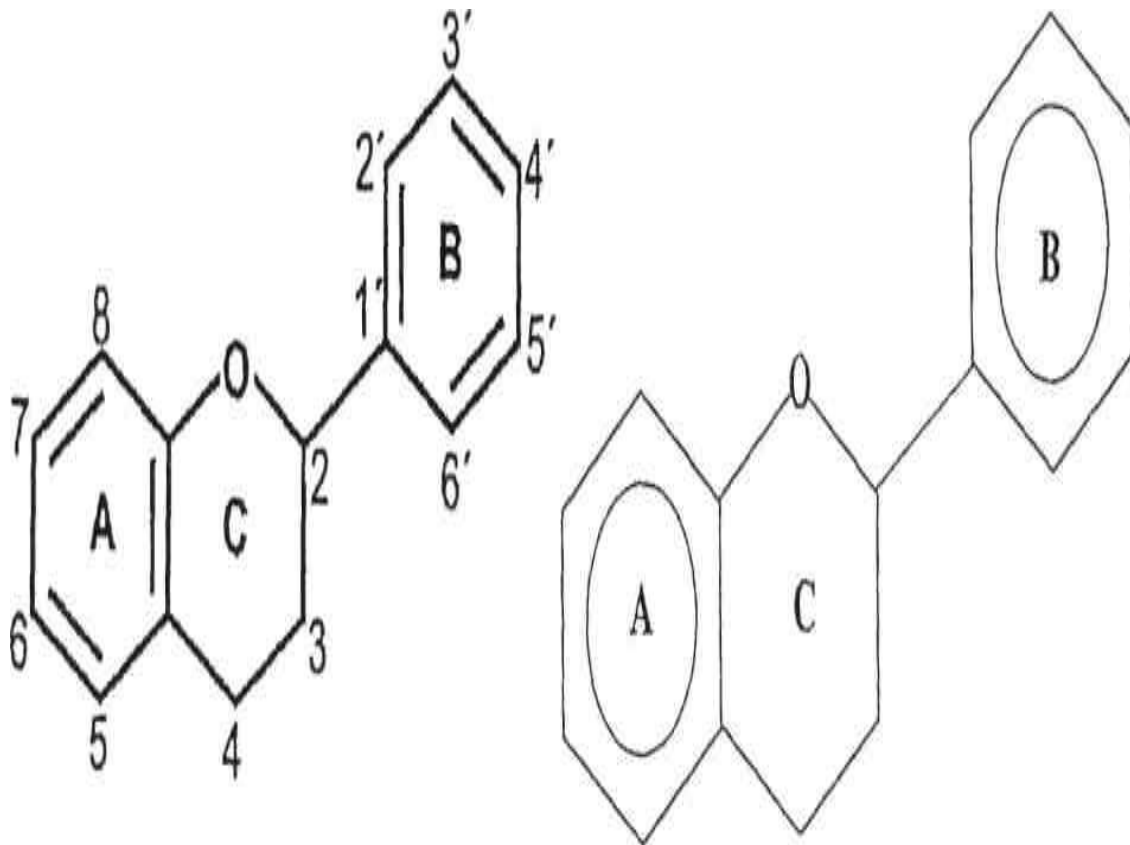


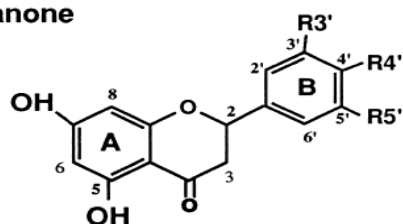
Figure 54: Structure de base des flavonoïdes et leur schéma simplifié (Dacosta 2003)

On peut distinguer notamment dans les flavonoïdes : les flavones (Lutéolol, Apigénol), les flavonols (Kaempférol, Quercétol, Myricétol, Fisétine), les flavanones, dérivés 2,3-dihydrogénés (Afzéléchol, Catéchol, Naringinine, Eriodictyol, Homoeriodictyol), les flavanols, dérivés de 2,3-dihydro-2-phénylchromen-4-one (Catéchines), les flavanonols, dérivés de 3-hydroxy-2,3-dihydro-2-phenylchromen-4-one (Dihydroquercétine), les auronés, 2-benzylidène-coumaranones (Hispidol), les chalcones au cycle pyranique ouvert (Butéine, Naringine dihydrochalcone, néohespéridine dihydrochalcone, Phlorétine) (Tripoli 2007)

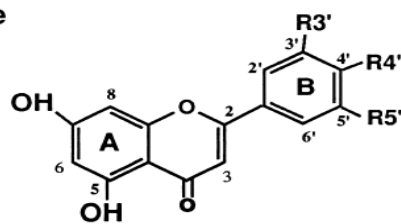
Actuellement, près de 5000 flavonoïdes ont été décrits. De Rijke et coll. ont classé les flavonoïdes en 6 familles qui impliquent les flavonols, les flavones, les flavanes, les isoflavones, les anthocyanines et les flavanols.

Au sein de ces six familles, deux types de structures ont été relevés, celui des flavonoïdes au sens strict dont la structure porte le noyau aromatique B en position 3 sur la chaîne C3 et celui des isoflavonoïdes dont le noyau aromatique B est en position 2 sur la chaîne C3.

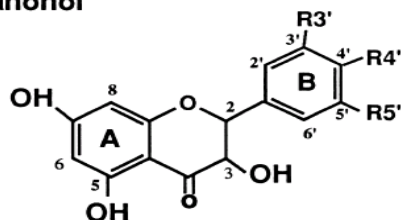
flavanone



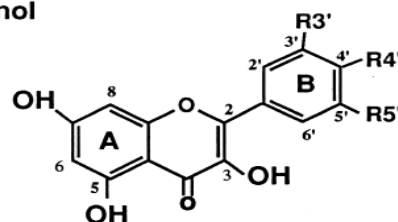
flavone



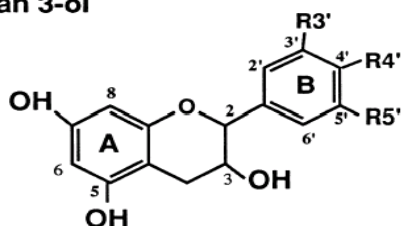
flavanonol



flavonol



flavan 3-ol



isoflavone

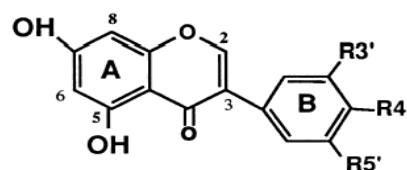


Figure 55 : La structure des différentes classes de flavonoïdes (Gamet-Payrastre *et al*, 1999).

B.1. Les flavonones et les flavonols

Ils représentent environ 80% des flavonoïdes connus. La principale activité attribuée à ces flavonoïdes est une propriété vitaminique P veino-active. Ils diminuent la perméabilité des capillaires sanguins et renforcent leur résistance. Souvent anti-inflammatoires, ils peuvent être antiallergiques, hépato-protecteurs, antispasmodiques, diurétiques, antibactériens, antiviraux (Bruuneton, 1999).

B.2. Les isoflavones :

Les isoflavonoïdes constituent une grande et très diversifiée sous classe des flavonoïdes. Ils dérivent d'une structure 1,2-diphénylpropane. Malgré leur caractérisation sporadique dans la classe des dicotylédones, ces sont des composés presque spécifiques de la famille des Fabacées. Cette spécificité est probablement due à la présence dans cette famille de l'enzyme responsable du réarrangement du 2-phénylchromone (flavanone) au 3-phénylchromone (isoflavone). Ils peuvent être classés en une douzaine de catégories structurales: 3-arylcoumarines, coumaronochromones, coumestanes, isoflavanes, isoflavènes,

isoflavones, roténoïdes, ptérocarpanes. Ces catégories diffèrent entre elles, par le degré d'oxydation et l'existence ou non, d'hétérocycles supplémentaires.

Ce sont donc des produits de défense naturelle, de puissants oestrogènes, insecticides, antitumoraux, réducteurs des manifestations de la ménopause (bouffée de chaleur).

B.3. Les tanins

Le terme tanin dérive de la capacité de tannage de la peau animale en la transformant en cuir par le dit composé. Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire. Les tanins sont des molécules fortement hydroxylés et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments. Ils peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (Alkurd A, 2008). On distingue: les tanins hydrolysables et condensés.

Les tanins sont des substances d'origine organique que l'on trouve dans pratiquement tous les végétaux, Ils ont la propriété de précipiter les protéines (fongiques ou virales) et les métaux lourds (Cowan, 1999).

B.4. Les anthocyanidines

Les anthocyanes (du grec *anthos*, fleur et *Kuanos*, bleu violet) terme général qui regroupe les anthocyanidols et leurs dérivés glycosylés Les anthocyanines sont des flavonoïdes porteurs d'une charge sur l'oxygène de l'hétérocycles C. La structure de base des anthocyanines est caractérisée par un noyau "flavon" généralement glucosylé en position C3 (Ribereau G P. 1968). Les anthocyanes se différencient par leur degré d'hydroxylation et de méthylation, par la nature, le nombre et la position des oses liés à la molécule. L'aglycone ou anthocyanidine constitue le groupement chromophore du pigment.

Ces molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible, sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange (Brouillard R. 1986) Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'oeil nu. A l'origine de la couleur des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues, elles sont généralement localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques, qui sont de véritables poches remplies d'eau (Harbone J B, et al, 1988). Si la coloration des fleurs et des fruits est leur rôle le plus connu, on trouve également les anthocyanes dans les racines, tiges, feuilles et graines.

Leur biosynthèse s'effectue par des voies métaboliques diverses qui utilisent comme précurseurs les acétate/malonate, mévalonate, phénylalanine (Bruneton, 1999).

Sont des dérivés du flavylum, ils portent des phénols libres ; éthers ou glycosides (Hadi, 2004).

B.5. Chalcones et dérivés

Les chalcones sont des flavanoïdes ne comportant pas d'hétérocycle C. Ils sont prénylés le plus souvent sur le noyau A tandis que le noyau B reste peu ou pas substitué (36, 37, 38, 39, 40). Cette prénylation peut-être cyclique du type pyrano (41, 42) ou furano (43, 44). Certaines d'entre-elles présentent une O-prénylation linéaire (45) et (46).

B.6. Aurones et dérivés

Les aurones sont des isomères structuraux des flavones. Ils ont une structure proche mais différente de la plupart des autres flavonoïdes. Ces molécules dérivent de la chalcone. En effet dans les cas des aurones, la chalcone se ferme en formant un cycle à 5 atomes, alors qu'elle forme un cycle de 6 atomes pour les autres flavonoïdes.

VI.1. 6-3-Rôle et intérêt des composés phénoliques

VI.1. 6-3-1. Chez les végétaux

Les composés phénoliques peuvent intervenir dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites...), dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV); soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux; dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnelles...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par la transformation; dans les variations de certaines caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées...) (Fleuriet A, 2005).

VI.1. 6-3-2- Chez les humains

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes (Fleuriet, 2005). Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires (Kim 2009) . Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protègent nos artères contre l'athérosclérose et réduit la thrombose (caillots dans les artères). Les exemples de quelques composés phénoliques et de leurs activités biologiques sont récapitulés dans le Tableau 32 (Shan2007).

Polyphénols	Activités biologiques	Auteurs
Acides phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, anti-ulcéreuses, antiparasitaires antifongiques, antioxydantes	(Sannomiya M., et al, 2005) (Gurbuz I., et al, 2009)
Coumarines	Protectrices vasculaires, anti- inflammatoires, anti parasitaires analgésiques et anti oedémateuses	[156 -161](Ito C., et al, 2005) (Kalkhambar R G., et al, 2007)
Flavonoïdes	Antitumorales, antiparasitaires, vaso, dilatoires, antibactériennes, anti carcinogènes, anti-inflammatoires, analgésiques, hypotenseurs, antivirales, diurétiques, ostéogène, antioxydantes, anti-atherogéniques, antithrombotique, anti-allergique	(Wollgast J., et al, 2000) (Hitara T., et al, 2009) (Tripoli E., et al, 2007) (Shon H Y, et al, 2004)
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux, anti oxydant	(Bruneton J, 1993)
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène, antioxydantes, antitumorales, antifongiques et anti-inflammatoires	(Masquelier J, et al, 1979)
Tannins galliques et catéchiques	Antioxydantes	(Okamura H, et al, 1993) (Kubata BK.,2005)
Lignanes	Anti-inflammatoires, analgésiques	(Kim J Y., et al, 2009)
Saponines	Antitumorale, anticancérigène,...	(Nebeling L., 2002)
Phytostérols	Agent de protection contre l'hormone dépendant du cancer de colons	(Nebeling L., 2002)

Tableau 32: Propriétés biologiques des quelques poly phénols dans l'organisme

VI.1. 6-3-3-Dans la régénération des sols pollués

Ce processus était ignoré jusqu'à tout récemment et il consiste en la biotransformation des matières organiques dans le sol où la lignine du type syringyl (un des millions de composés phénoliques) joue un rôle essentiel, tout comme un grand nombre d'autres composés phénoliques. Cette biotransformation n'est que le début d'un long processus lié à la transformation des sols, ce qui est la régulation de la vie des sols, par un contrôle de la mise en disponibilité des nutriments. Elle influence directement la résistance à l'érosion, stimule, protège à la fois différentes phases de la vie animale, bactérienne, fongique qui sont les principales responsables de la pédogenèse.

C'est ainsi que le sol demeure stable et fertile. La biotransformation des tissus organiques est responsable du maintien de la biodiversité et de la structure physique du sol. Ces caractéristiques biologiques régissent la disponibilité de l'azote et du phosphore.

VI.1-6-4- la présence des flavonoides dans les aliments

La plus part des flavanoides diététiques dans les aliments sont des 3-Oglycosides et des polymères, mais peuvent également exister sous des formes aglycones (Médie et al, 2003) On estimé que la prise moyenne des flavanoides par l'homme s'étend de 25mg /jours à 1g/jours (Wang 2002). Le tableau 28 regroupe la distribution nutritionnelle de certains flavoniodes.

Flavonoides	Aliments
Flavanones naringénine	Fruits du genre citrus
Flavones Chrysin Apigénine lutéoline	Peau des fruits Persil, thym, romarin, céleri Persil, céleri
Flavonols kaempférol quercétine myricétine	Radis, brocoli, thé noir Oignon, pomme, olive, vin rouge, tomate Canneberg, vin rouge
Flavan-3-ols épicatéchine catéchine épigallocatéchine	Thé vert, thé noir Thé vert, thé noir vin rouge
Anthocyanidols cyanidol malvidol apigénidol	Cassis, myrtilles Raisins, fraises, cassis Framboises, fraise

Tableau 33: Sources alimentaires des flavonoides (Marfrak, 2003)

La teneur en flavone et en flavonole des aliments végétaux est fortement influencée par des facteurs tels que la variation du type et la croissance, la saison, le climat, et le degré de maturation (Lugasi et al, 2003) ces derniers ont étudié la composition en flavonoides de quelques légumes et fruits (Tableau 34).

Echantillon végétal	Total des flavonoides
Légumes	
Brocoli	46.2
Chou blanc	17.7
Oignon rouge	124.1
Oignon pourpre	195.6
Poivre	20.1
Epinards	338.6
Persil feuilles	80.8
Céleri feuilles	402.8
Céleri racine	25.9
Fruits	
Pastèque	18.4
Cassis	52.8
Fraises	1003
Raisin	38.7
Noix	4565
Kiwi	22.3
Banane	22.8
Pomme	65.3
Poire	24.7
Prune	23.3
Abricot	11.5

Tableau 34: Contenu en flavonoides dans quelques aliments végétaux (poids à l'état frais en mg/kg) (Lugasi et al, 2003)

VI.6-5- Mécanisme d'effet antimicrobien des polyphénols

Il est sans doute très complexe, peut impliquer multiples modes d'actions tels que : L'inhibition des enzymes extracellulaires microbiennes, la séquestration de substrat nécessaire à la croissance microbienne ou la chélation de métaux tels que le fer, l'inhibition du métabolisme microbien (Milane, 2004), dégradation de la paroi cellulaire, perturbation de la membrane cytoplasmique, se qui cause une fuite des composants cellulaires, l'influence de la synthèse de l'ADN et l'ARN (Zhang et al. 2009), des protéines des lipides, et la fonction mitochondriale (Balentine et al. 2006), ainsi que la formation des complexes avec la paroi (Gangoué, 2007).

Ces mécanismes ne sont pas des cibles séparées, certains peuvent être comme conséquence d'un autre mécanisme. Le mode d'action des agents antimicrobiens dépend également du type de micro-organismes et à l'arrangement de la membrane externe (Lima 2005 et Smyth 2009).

VI.2. Détermination de la variabilité de la teneur en métabolites secondaires et leur effet bactéricide

VI.2.1. Matériels et méthodes

VI.2. 1.1. Le matériel végétal

Nous avons utilisé une partie des mêmes échantillons qui sont prélevés pour la détermination de la variabilité de la teneur en métabolites primaires chez *Tamarix* sp. Et qui sont obtenus des trois (03) sites à travers la région de l'étude selon un transept Nord/Sud dont l'ordre est le suivant :

- Site de Garat El Taref ;
- Site Oued El Arab;
- Site d'Ouazerne.

Les extractions des polyphénols totaux et par suite les flavonoïdes sont réalisées à partir des organes de la partie aérienne (feuilles+fleurs) de la plante pendant la période de mois de Mars 2012.

VI.2 1.1. 2. préparation des échantillons

Les échantillons sont séchés dans une étuve a température 40°C pour une durée de 12 heures, en suite ils sont broyés par un mortier, en fin nous les avons passés par une Tamme pour obtenir une poudre.

VI.2. 1.2. L'extraction des flavonoides

VI.2. 1.2.1. Protocole d'extraction

Pour l'extraction des flavonoides, nous avons employé la méthode des solutions méthanoliques décrite par Upson et al, (1999) ; que nous avons modifiée au laboratoire.

- pour 1g de plante sèche rendu en poudre placé dans un récipient en verre (fiolle, erlen ou bécher), couvert de 20ml de MeOH aqueux 70% (7 :3).

- le tout est chauffé à 70°C pendant 5minutes (ce procédé tue le tissu végétale, empêchant l'oxydation ou l'hydrolyse enzymatique).

- l'échantillon laissé macérer durant une nuit (24 heures).

- après une première filtration sur papier filtre

-le filtre est évaporé à l'aire libre (pendant 3jours)

-l'extrait sec en solution est conservé à +5°C. (Figure 56)

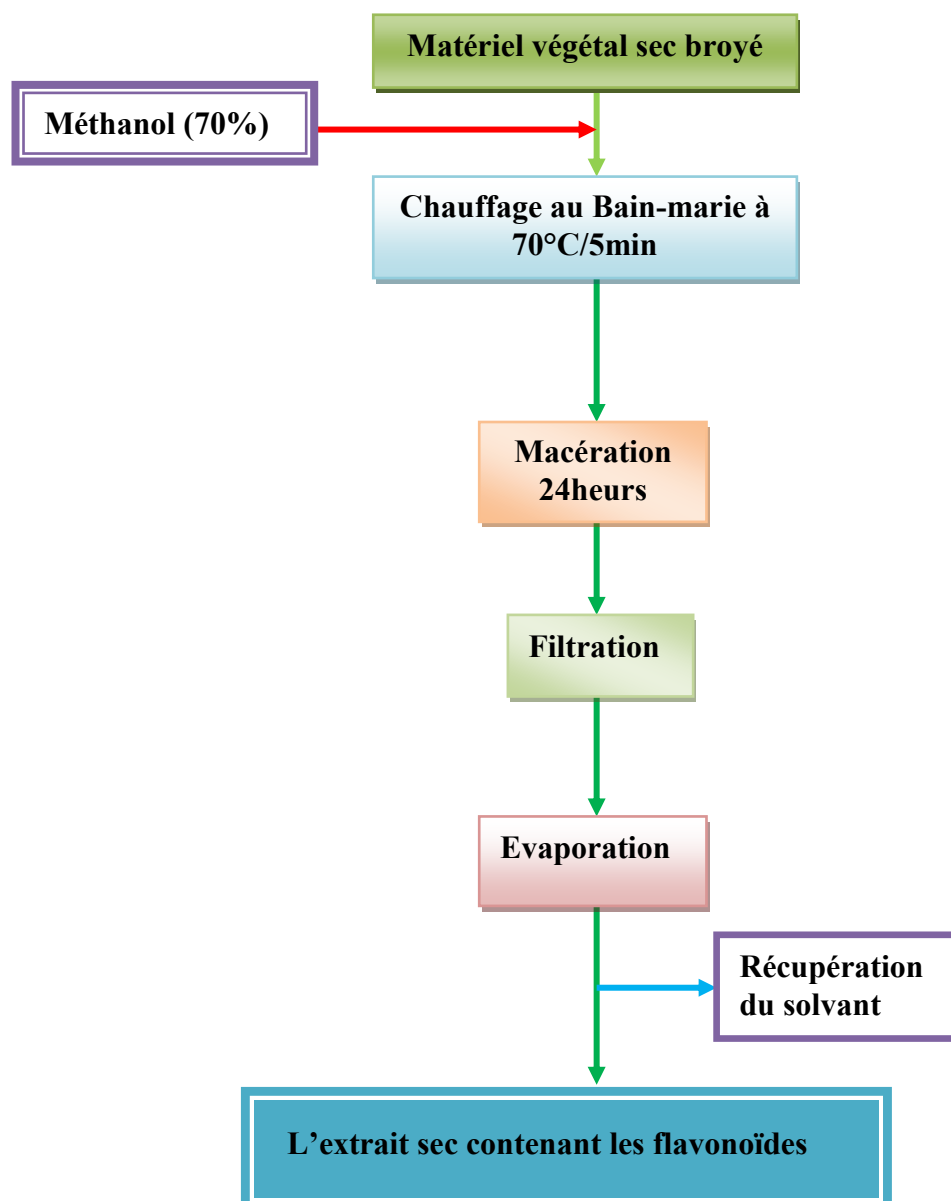


Figure 56 : Protocole simplifié d'extraction des flavonoïdes

VI.2. 1.2.2. Détermination du rendement

Le rendement est le rapport entre l'extrait obtenu et le poids de la matière végétale sèche utilisée exprimé en pourcentage on appliquant la formule suivante :

$$R = P_B/P_A \times 100$$

Où :

R : le rendement

PB : le poids de l'extrait obtenu

PA : le poids de la matière végétale sèche utilisée pour l'extraction

VI.2.1.2.3. - Détermination quantitative des polyphénols

Les poly phénols ont été déterminés spectrophotométriquement en mesurant l'absorbance ou la densité optique de la solution, à partir de la méthode de Folin Ciocalteu (Singleton, 1999 et Heilerova et al, 2003). On additionne à 1ml de l'extrait obtenue qui sera dilué avec l'eau distillée (1 :1) 10 ml de la solution de Na₂CO₃, incubés à 38°C dans un bain marie pendant 10min, ensuite 1ml de réactif Folin Ciocalteu à été ajouté à l'ensemble, après 30min, l'absorbance sera lue à 660nm contre un blanc sans extrait.

La quantification des poly phénols sera déterminée en fonction d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax + b$) réalisé par un extrait d'étalon acide gallique à différentes concentrations (0-200 mg/ml) dans les même conditions. Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique par g du poids sec de la plante en poudre (Figure 57).

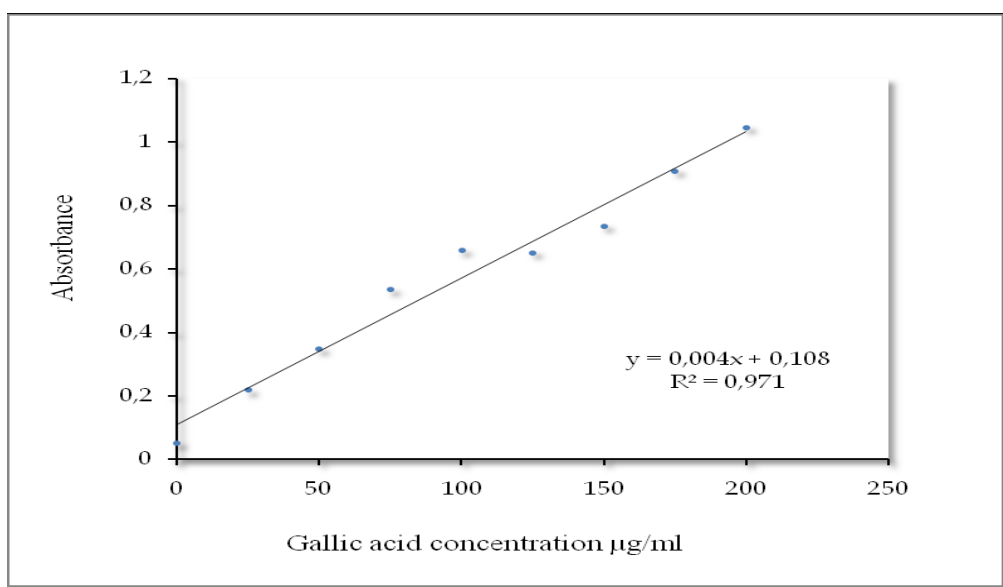


Figure 57 : Courbe étalonnage pour dosage des polyphénols

VI.2.1.2.4- Détermination quantitative des flavonoïdes

Pour la détermination quantitative des flavonoïdes nous avons appliqué la méthode à l'AlCl₃ (Lamaison, 1990 et Huang et al, 2004) ; où :

- 1ml de la solution de l'extrait sera ajoutée à un volume égal d'une solution de 2% AlCl₃ ; 6H₂O (2g dans 100ml méthanol). Le mélange sera vigoureusement agité, et l'absorbance à 367nm a été lue après 10 minutes d'incubation.

La concentration des flavonoïdes dans l'extrait sera calculée à partir d'une courbe d'étalonnage $y = ax + b$ établie avec la Quercétine à différentes concentrations (0-40 µg / ml, chacune a été préparée dans le méthanol) pratiquée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons qui se servira à la quantification des flavonoïdes (Figure 58). La teneur en flavonoïdes à été exprimé en milligrammes équivalents de Quercétine par grammes du poids d'extrait (mg eq/ g).

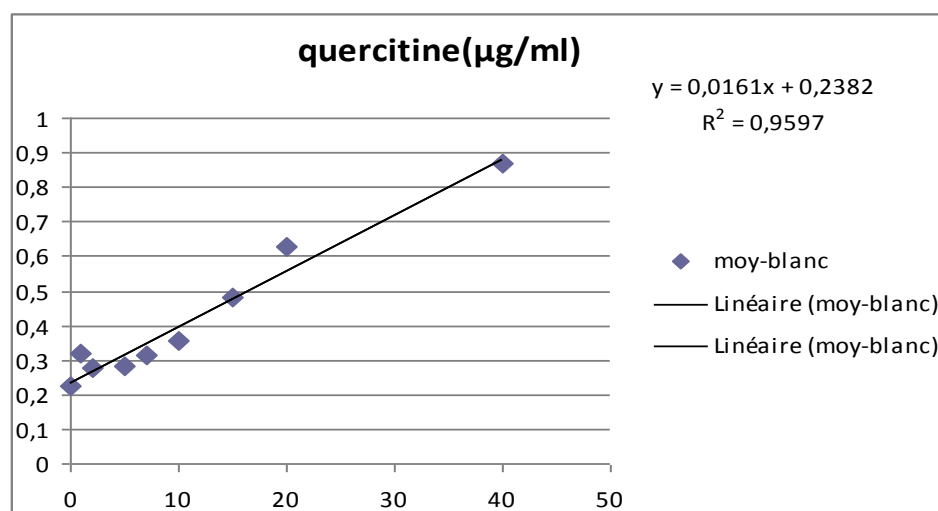


Figure 58: Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes

VI.2.2. Détermination qualitative des flavonoïdes par chromatographie sur couche mince 'CCM'

La chromatographie sur couche mince est essentiellement une chromatographie liquide exécutée sur une couche de particules d'une substance polymérisée immobilisée sur un support planaire (Yrjonen, 2004).

Les analyses par chromatographie sur couche mince ont été effectuées avec des plaques de Silicagel G60 ; 0.25mm, sur support rigide en verre ; 20/20cm.

Deux microlitres (2µl) de chaque extrait est déposée à des points repères à 1.5cm du bord inférieur de la plaque. On a employé comme d'éluant un mélange de BEW (n-BuOH, HOeTH, H₂O « 4 :1 :5 » ; v/v). Un mélange Acétone/Eau (1 :1 ; v/v) et le système solvants Chloroforme/Méthanol/Eau (90 :10 :5 ; v/v)

Après développement dans une cuve en verre et séchage, les plaques ont été observées sous chambre UV à 254 et 366nm. Les couleurs des spots ont été enregistrées ainsi de même pour les références.

VI.2.3. Evaluation de l'activité antibactérienne

Ce test est réalisé au niveau du laboratoire de microbiologie « centre universitaire de kenchela ». L'activité antibactérienne des extraits a été déterminée par la méthode de diffusion en milieu gélosé standardisée par (NCCLS) cité par (Celiktas *et al*, 2007).

NCCLS :(National committee for clinical laboratory standards)

VI.2.3.1. Les souches bactériennes

Pour le figurer le pouvoir bactéricide des flavonoïdes de Tamarix sp. extraient des trois sites de l'étude 4 souches de références ont été testées:

- *Escherichia coli* ATCC 25922,
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853,
- *Staphylococcus aureus* ATCC 25923,
- *Staphylococcus aureus* ATCC 43300.

Le Tableau.35 résume les caractéristiques les plus importantes des bactéries utilisées (Rahal, 2005)

Les bactéries utilisées	Selon Gram	Selon la forme ; et Présence ou l'absence d'O2	Source
<i>Escherichia coli</i> ATCC25922	Gram -	/, aérobic	Laboratoire de microbiologie de l'hôpital (120lit)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853 (Nauciel, 2000)	Gram -	bacilles aérobies	Laboratoire de microbiologie de l'hôpital (120lit)
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923 (Avril, 2000)	Gram +	des cocci germe aérobic - anaérobic facultatif	Laboratoire de microbiologie de l'hôpital (120lit) khenchela
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC43300 (Avril, 2000)	Gram +	des cocci germe aérobic - anaérobic facultatif	Laboratoire de microbiologie de l'hôpital (120lit)

Tableau 35 : Caractéristiques des bactéries utilisées .et la source (ATCC: American type culture collection)

VI.2.3.2. Milieux de culture

Selon les souches, nous avons utilisé comme milieux de culture les milieux suivants : Gélose Nutritive et Gélose Mueller Hinton.

VI.2.3.2. 1-Préparation de l'inoculum bactérien :

Chaque souche a été ensemencée en stries sur une gélose nutritive pour obtenir des colonies bien isolées. Après incubation de 24 heures à 37 °C, on a choisi 4 à 5 colonies bien isolées avec une anse de platine stérile est transférer dans un tube stérile contient 5ml d'eau physiologique stérile, incuber dans une étuve 37°C pendant 20minutes.

VI.2.3.2. 2-Méthode de diffusion en milieu gélosé

Les boîtes de Pétries contenant le milieu gélosé préalablement liquéfié (Muller Hinton), qu'est le milieu de culture usuel utilisé pour le développement de ce type de souches.

- A l'aide d'un écouvillon stérile, on prélève des échantillons qui se trouvent dans l'eau physiologique et on les ensemence sur le milieu gélosé, par la suite on prépare les disques de papier Wattman, on les imbibe dans les extraits.de trois sites, ces derniers sont placés à l'aide d'une pince stérile sur le milieu des témoins imbibés dans le méthanol ont été déposés au centre du boites de pétries.

- en fin les boîtes de pétrie ensemencées sont placées à l'étuve pendant 18-20 heures à 37 °C. L'expérience est répétée trois (3) fois pour chaque extrait et pour chaque espèce microbienne.

VI.2.3.2. 3- Expression des résultats

L'activité antibactérienne a été déterminée en mesurant à l'aide d'une règle le diamètre de la zone d'inhibition.

VI.2.4. Etude statistique

Les analyses de la variance ont été réalisées par le logiciel statistique MINITAB. Les résultats ont été présentés par la moyenne avec son écart type (n=3) pour chaque cas. Les différences ont été considérées significatives à P=5% ; et les histogrammes sont réalisés à l'aide d'Excel.

VI.3. Résultats et discussion

VI.3. 1. Rendement en extrait sec

Les extraits méthanoliques récupérés après évaporation à l'aire libre réduite ont été pesés pour déterminer le poids sec résultant, cet extrait renferme les flavonoïdes et les composés phénoliques (Tableau 36). Le rendement a été déterminé par rapport à 1g de matériel végétal sec, rendu en poudre ; les résultats ont été exprimés en pourcentage (%).

Site	Rendement en%
Garat el teref	4.944%
Oued El Arab	0.9877%
Ouezerne	1.8731%

Tableau 36: Taux de rendement en extrait sec brut en mg /g de matériel végétal sec dans les trois sites de l'étude

Selon la **Figure 59** ci-dessous, les trois sites ont données des extraits secs méthanoliques inférieur à 40mg/1g de plante en poudre.

Dont les résultats sont respectivement nt (4,944 %) à Garat El Taref représentant la valeur la plus élevée, (0.98%), à oued El Arab, qui a donné le rendement le plus faible, et (1.87%) le site d'Ouezerne.

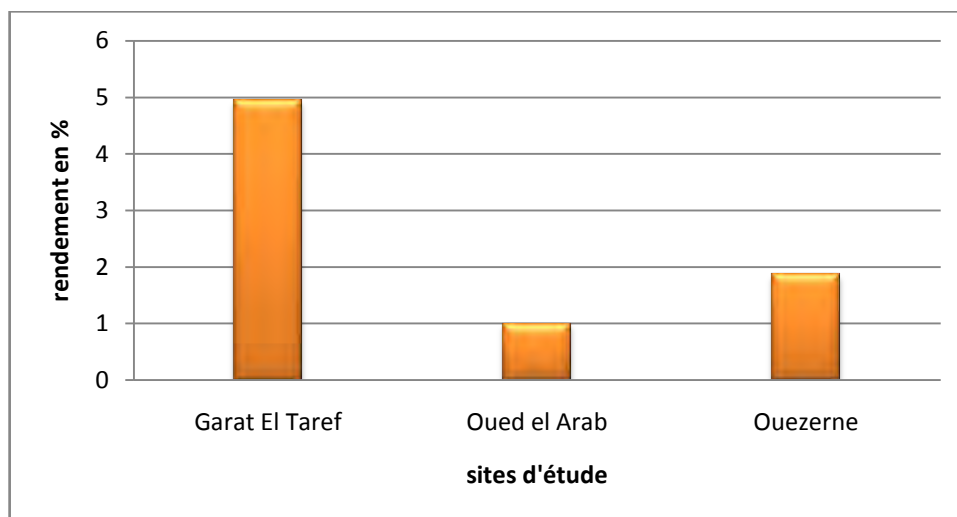


Figure 59 : Taux de rendement en extrait sec brut en mg /g de matériel végétal sec dans les trois sites de l'étude.

VI.3. 2. Détermination quantitative des polyphénols Totaux et en flavonoïdes

VI.3. 2.1. Détermination quantitative des polyphénols Totaux

Les résultats que nous avons obtenus montrent que la richesse en polyphénols totaux est plus importante dans le site d'Ouezerne avec une valeur de 132mg/1g de matière végétale sèche, tandis que la valeur la plus faible est obtenue au site d'Oued El Arab avec 100mg/1g de matière végétale sèche, et la valeur moyenne de 120mg/1g de matière végétale sèche est obtenue au site de Garat El Taref (Figure 60)

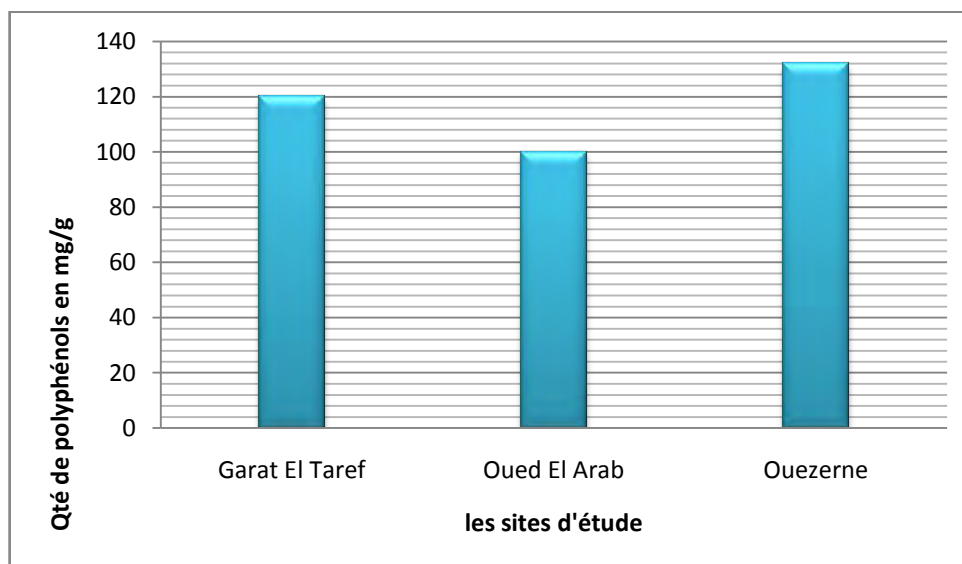


Figure 60 : la quantité des polyphénols en (mg/1g du poids sec de la plante) dans les trois sites de l'étude

VI.3. 2.2. Détermination quantitative des flavonoïdes

Suivant la figure 61 ci-dessus, les teneurs en polyphénols enregistrés en équivalent à l'acide gallique : 132mg/1g, 100mg/1g et 120mg/1g respectivement avec les extraits : Ouezerne, Babar et Karat el taraf.

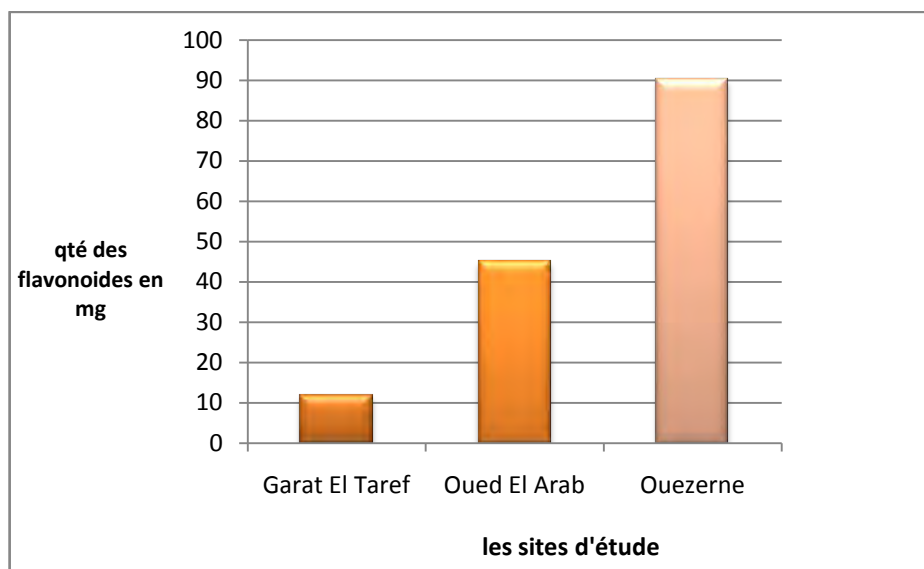


Figure 61: Teneur en flavonoïdes (mg/1g de la poids sèche de la plante)

L'analyse de la variance ANOVA a un seul caractère à montrer une différence hautement significative entre les trois sites dont le site le plus rentable pour les flavonoïdes est celui de Ouezerne (90.168mg/1g), et la plus faible est celle de karat el teref (11.7mg/1g)

VI.4. Résultat de la chromatographie sur couche mince des extraits brut méthanolique

La chromatographie sur couche mince (CCM) des extraits méthanoliques de *Tamarix sp* on basée principalement pas seulement sur la phase mobile, mais aussi sur la phase stationnaire, le type de plaque utilisé est constitué d'une phase stationnaire : le gel de silice (yrjoen,2004).

Trois systèmes de solvant ont été utilisés, les chromatogrammes résultants comportent une série des spots (Photo 18), l'identification des composés était basés sur la comparaison des RF et couleurs observés dans la chambre UV des taches apparue sur CCM avec ceux des étalons notés dans les même conditions expérimentale.

Les résultats sont obtenus seulement dans les deux solvants La variation des types et des taux des flavonoïdes ont été liés à des conditions environnementales et la croissance des plantes.

Les résultats sont exprimé dans les tableaux dont lesquels les RF des différents spots apparue selon le solvant utilisés ainsi les différents couleurs révélée dans la chambre UV. Qui donner les différents composés pour *Tamarix sp* (pour les trois sites).

1- Garet taref :

Les résultats obtenus à partir de cette méthode sont :

Sept composées sont résulte par le mélange solvant n-butanol, éthanol, eau distillée, et quatre composées par le mélange solvants Acétone/ Eau.

Différentes classes et composés polyphénoliques ont été séparé mais une grande partie appartiennent surtout aux classes des flavonols, Anthocyanidine 3-glycosides, et les phénols simple.

Dans ce cas, on a dit, le système solvant BEW responsable de sépare essentiellement les flavonols, alors que les composés du classe Anthocyanidine 3-glycosides sont séparé par le système Acétone/Eau

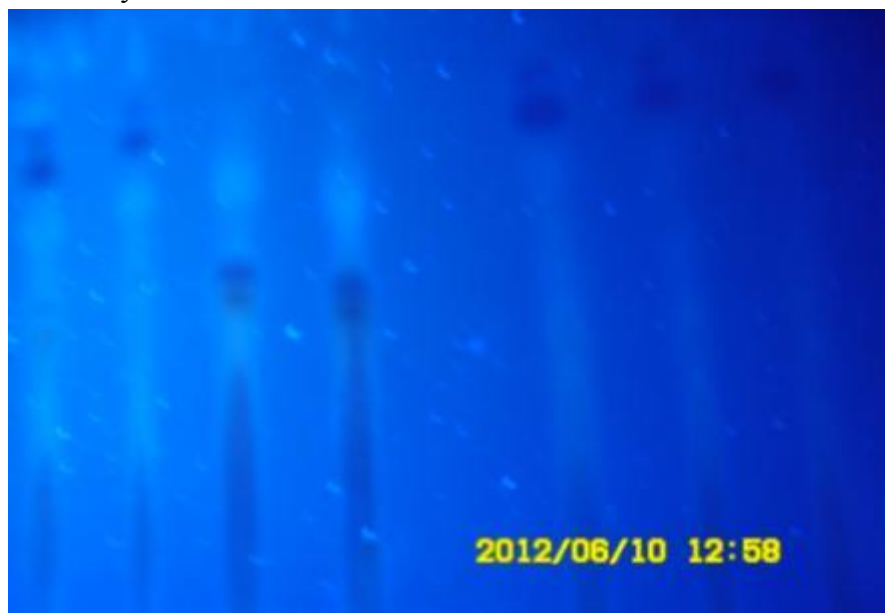
2- Babar

On a révélées cinq spots avec l' éluant (BEW), et le même nombre des composées pour le deuxième solvant (Acétone/ Eau) aux différentes classes polyphénoliques avec de dominance des flavonols, Anthocyanidine 3-glycosides, et aussi existe le dirévée de la classe des anthocyanidines 3-glycosides séparé par le deuxième solvant, alors que ce dernier c'est le mieux éluant pour la séparation des anthocyanidines.

3-Ouezeren

Cinq spots ont été ségrégués des dépôts de l'extrait brut par le premier solvant

Appartenant aux différentes classes polyphényloqoe, avec probablement une abondance des flavonols ; pour l'Acétone/Eau il y a quatre composées, toujours apparaît des composées à la classe des anthocyanidines.



Karet eltaref

Babar

Oezern

Photo 18 : chromatogramme résultant de l'analyse des extraits bruts par CCM (système solvant : BEW (4 :1 :5))

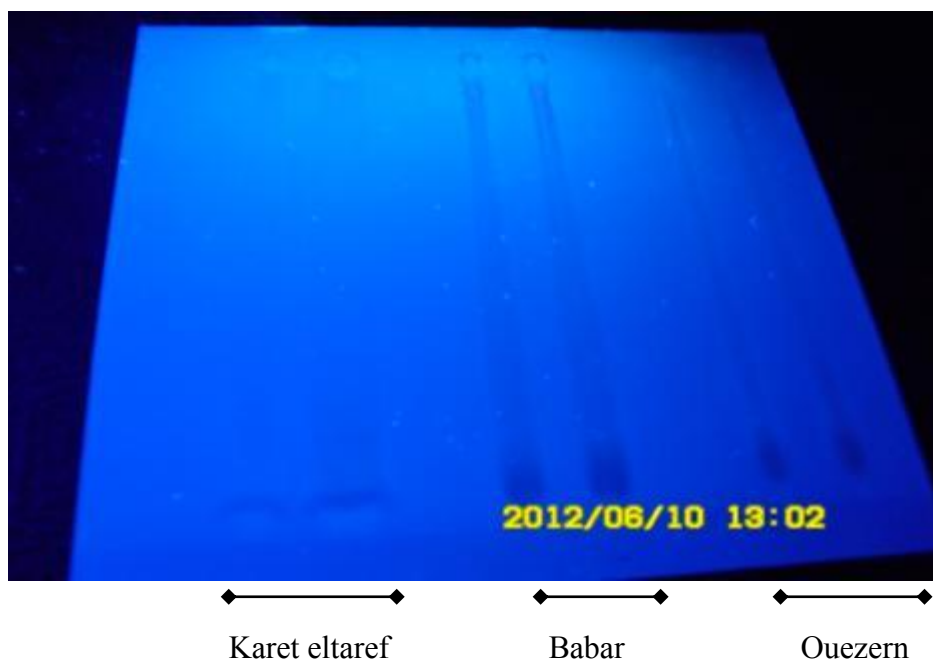


Photo 19 : chromatogramme résultant de l'analyse des extraits bruts par CCM (système solvant Acétone/Eau (1 :1))

Extrait	Couleur sous UV 365nm	RF (cm)	type flavonoides possible (Markham, 1982)
K a r a t e l t a r a f	Jaune	0.43	Flavonols
	Orange pale	0.52	Anthocyanidine 3-glycosides
	Jaune	0.64	Flavonols
	Bleu vif	0.70	Acide phénol
	Bleu blanc fluorescent	0.77	Flavonols, flavones, isoflavones, flavonones
	Mauve	0.83	Anthocyanidine 3-glycosides
	Rouge	0.90	Anthocyanidine 3-glycosides
B a b a r	Jaune	0.30	Flavonols
	Jaune	0.51	Flavonols
	Orange pale	0.54	Anthocyanidine 3-glycosides
	Violet	0.67	Flavones
	Rouge	0.90	Anthocyanidine 3-glycosides
O u a z e r e n	Jaune	0.20	Flavonols
	Jaune	0.21	Flavonols
	Jaune pale	0.23	Flavonols
	Jaune	0.25	Flavonols
	Mauve	0.75	Anthocyanidine 3-glycosides
	Bleu blanc fluorescent	0.77	Flavonols, flavones, isoflavones, flavonones

Tableau 37 : les classes des composés phénoliques identifiés dans les extraits flavonoïques

Système solvant : BEW (4 :1 :5) adsorbant : gel de silice

Extrait	Couleur sous UV 365nm	RF (cm)	Type flavonoïde possible (Markham, 1982)
K a r a t e l t a f	Jaune	0.11	Flavonols
	Jaune	0.17	Flavonols
	Rose	0.52	Anthocyanidine 3,5-diglycosides
	Bleu	0.82	Acide phénol
B a b a r	Jaune	0.20	Flavonols
	Jaune	0.23	Flavonols
	Rose	0.55	Anthocyanidine 3,5-diglycosides
	Violet	0.60	Flavones
	Bleu Jaunâtre	0.76	
O u a z e r	Jaune	0.20	Flavonols
	Jaune	0.21	flavonols
	Rose	0.52	Anthocyanidine 3,5-diglycosides
	Bleu	0.85	Acide phénol

Tableau 38 : les classes des composés phénoliques identifiés dans les extraits bruts flavonoïques Système solvant : Acétone/ Eau (1 :1) adsorbant : gel de silice

VI.5. Résultat de l'activité antimicrobienne testée par la méthode des disques

On a obligée testée l'effet de solvant sur les souches testées, dans ce cas imbibés les disques dans un solution méthanolique, et déposée ces derniers au centre de chaque boîte de pitre; le résultat de ce teste donnée d'inhibition de croissance des bactéries autour de disque (Photo 19) ; les zones d'inhibitions des différentes souches avec les différents extraits sont résumées dans le tableau 39

Les extraits Les Souches	Extrait de Karat- taf	Extrait De Babar	Extrait De Ouezerne
<i>Escherichia coli</i> ATCC25922(mm)	5	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC27853 (mm)	0	8.2	0
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC25923 (mm)	4	4.66	0
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC43300 (cm)	0	1	1.83

Tableau 39 : Activité des flavoniques (Diamètre de la zone d'inhibition des cultures microbiennes en mm et cm)

Nous avons remarqué, selon le tableau 39 une résistance où aucune zone d'inhibition n'a été détectée avec l'extrait de troisième site (Ouezeren) contre ces bactéries qui sont testé, *Escherichia coli* ATCC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, *Staphylococcus aureus* ATCC25923, donc pas des zones d'inhibition alors non significative. Aussi pour les trois extraits sans activité sur la dernière souche, *Staphylococcus aureus* ATCC43300, pour le premier extrait pas d'activité sur la *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853, et pas de réponse de l'extrait deux sur l'*Escherichia coli* ATCC25922.

L'activité antibactérienne est plus élevée dans l'extrait de Ouezeren, et moins importante pour le site de Babar contre la souche *Staphylococcus aureus* ATCC43300, dont les diamètres d'inhibition sont (1.83cm, 1cm) (Photo 20)



Photo 20: l'effet de l'extrait flavonique de Ouezerene sur la souche *Staphylococcus aureus* ATCC43000



Photo 21: l'effet de l'extrait flavonique de Babar sur la souche *Staphylococcus aureus* ATCC43000

Pour l'extrait deux l'activité antimicrobienne est remarquée contre *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853 et *Staphylococcus aureus* ATCC25923, dont les diamètre de plage de lyse : 8.2mm, 4.66mm. (Photo22)

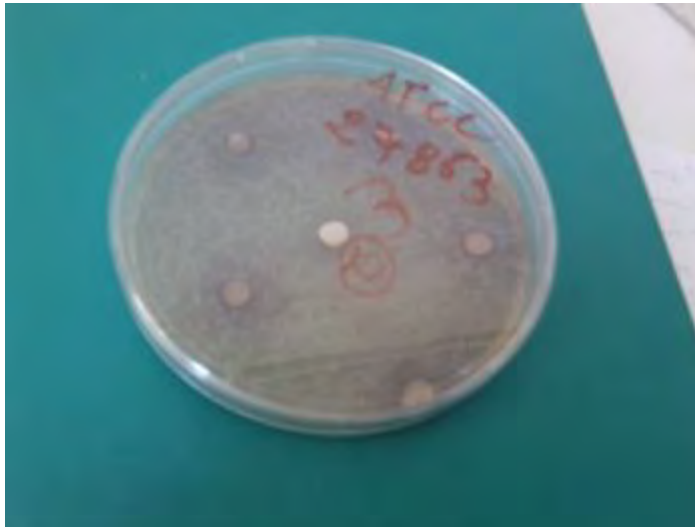


Photo 22: l'effet de l'extrait flavonique de Babar sur la souche *Pseudomonas aeruginosa* ATCC27853

Activité d'extrait

Activité MeOH

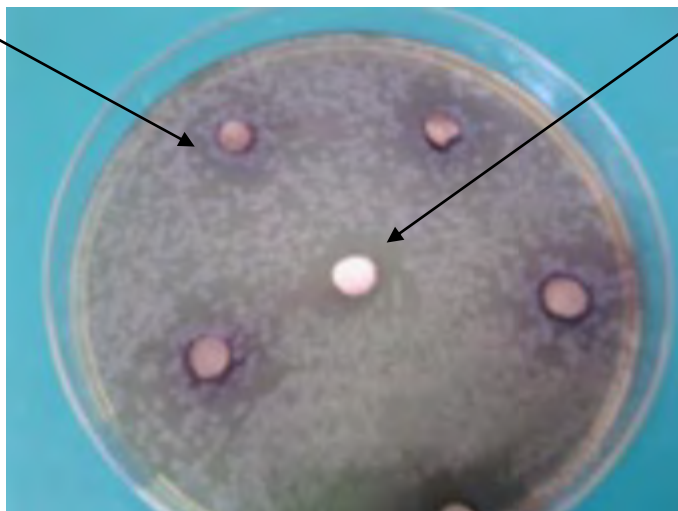


Photo 23 : l'effet de l'extrait flavonique de Babar sur la souche *Staphylococcus aureus* ATCC25923

Pour l'extrait un (1) l'activité est remarquée contre *Escherichia coli* ATCC25922 et *Staphylococcus aureus* ATCC25923 avec un diamètre : 5mm, 4mm (Photo 24)

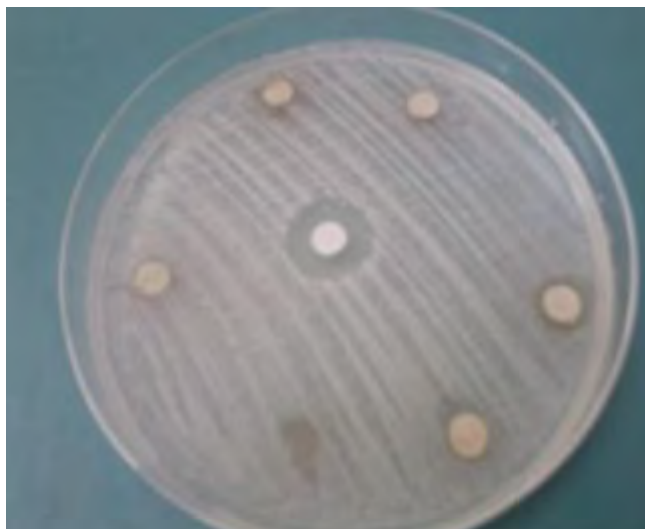


Photo 24: l'effet de l'extrait flavonique de karaat el taref sur la souche *Escherichia coli* ATCC25922

VI.6. Conclusion

Les plantes médicinales restent toujours la source fiable des principes actifs connus par leurs propriétés thérapeutiques. Une étude des propriétés antibactérienne a concerné de plante, appartiennent à la famille des *Tamaricaceé* très fréquemment employées en Algérie.

Les analyses qualitatives effectuées par la chromatographie sur couche mince de gel de silice, ont montré sous UV la présence d'une multitude de variétés de composés phénoliques.

Quantitativement, l'évaluation du contenu des phénols totaux en adoptant la méthode de Folin ciocalteu révèle la présence des quantités moyennement importantes en poly phénols. De même nous avons dosé les flavonoïdes par la méthode d' $AlCl_3$ qui nous mène à conclure que cette plante contient principalement des flavonoïdes, ces derniers sont par la suite isolés par chromatographiques de séparation dont leur structure a été élucidée par une étude directe au spectrophotomètre UV-Vis. Il ressort de ces analyses que le *Tamarix sp* est riche en flavonoïdes de types flavones et flavonols spécialement pour le site de Ouezerne

Au cours de cette étude nous avons réalisé également un test antibactérien vis-à-vis de quelques germes pathogènes, les résultats microbiologiques ont montré que les flavonoïdes du *Tamarix sp* agissent différemment sur les espèces bactériennes testées, l'activité la plus importante est constaté chez le site de Ouezerne contre les bactéries à Gram +, sachant que notre pays possède une biodiversité immense dont chaque plante se caractérise par un réservoir assez important de métabolites secondaires avec des caractéristiques thérapeutiques et pharmacologiques particulières qui demandent d'être exploitées par les recherches.

PARTIE IV

Étude du polymorphisme génétique chez Tamarix sp. par la technique des marqueurs moléculaires (PCR-SSR)

CHAPITRE VII

Revue bibliographique sur les marqueurs moléculaires (SSR)

Introduction

Les marqueurs génétiques renseignent sur le génotype d'un individu et ne sont pas modifiés par l'environnement. Ils peuvent être utilisés tout au long d'une expérimentation et sont observables à n'importe quel stade de développement de la plante et sur n'importe quel organe (l'information génétique de la plante est contenue en totalité dans toutes les cellules). Les principaux types de marqueurs génétiques utilisés sont :

- Les marqueurs biochimiques (isozyme, protéine). Les protéines d'une cellule végétale peuvent facilement être extraites et analysées. Les marqueurs biochimiques les plus utilisés sont les isozymes. Ils correspondent aux différentes formes d'une même enzyme et permettent de déterminer la présence de l'allèle correspondant à chacune de ces formes. Dans ce sens, ce sont des révélateurs du polymorphisme entre individus pour les séquences codantes du génome.
- Les marqueurs moléculaires d'ADN. Ce sont les plus étudiés. Ces marqueurs sont des séquences codantes ou non, présentant un polymorphisme selon les individus. Par les techniques de biologie moléculaire, plusieurs outils ont été développés, permettant d'obtenir directement à partir des marqueurs polymorphes de l'ADN des plantes. Les plus utilisés sont les marqueurs RFLP, RAPD, AFLP et les microsatellites (Diallo.2002).

VII.1. Définition des marqueurs moléculaires :

L'ADN, constituant des chromosomes, contient l'information génétique d'un individu. Un marqueur moléculaire est une séquence (un fragment) d'ADN présentant des variations d'un individu à l'autre (dans le cas d'une variété végétale). Lorsque l'on parle de l'utilisation de marqueurs moléculaires, il s'agit de l'utilisation d'une technique permettant de visualiser ces différences. (Dominique.2005).

VII.1.2. Critère d'un bon marqueur moléculaire :

Le marqueur a une position définie dans le génome et doit idéalement présenter les caractéristiques suivantes :

- Le marqueur doit être polymorphe ; c'est-à-dire qu'il doit posséder plus d'un allèle au moins dans la population étudiée. Cette condition est nécessaire car « la matière première » du génétique est la variabilité.
- Le marqueur idéal est codominant ce que signifie qu'un hétérozygote peut être différencié de l'homozygotes au locus en question. Aussi, l'hétérozygote présente simultanément les caractères des deux parents homozygotes ;il est peut donc être distingué de chacun des homozygotes parentaux.
- Il est non épistatique c'est -à-dire que le génotype peut être lu a partir de son phénotype sans influence du génotype des autre locus.
- Le marqueur est neutre, une modification des locus marqueur n'a pas d'autres effets phénotypique que ceux qui permettent de déterminer son génotype.
- Le génotype peut être inféré à partir du phénotype quel que soit le milieu, un « bon » marqueur moléculaire est insensible au milieu. (De Vienne,1998).

VII.3. La qualité des marqueurs moléculaires :

Un marqueur moléculaires doit présenter différentes qualités :

- sensibilité (détection à partir des quantités faibles d'ADN),
- spécificité (amplification de séquence de l'ADN ciblé, pas de réaction d'amplification croisées avec d'autres espèces, qui réside essentiellement dans le choix de la cible et des amorces définies pour son amplification),
- reproductibilité (son analyse doit pouvoir être répétée dans d'autres laboratoires),
- séparabilité (un même opérateur doit obtenir les mêmes résultats lors d'expériences espacées dans le temps),
- pouvoir discriminant (polymorphisme de la séquence d'ADN adapté au génotypage de l'organisme étudié et la question posée),
- stabilité dans le temps (horloge moléculaire de la cible compatible avec des études spatio-temporelles (Jenny, 2008)).

VII.4. Les principaux types de marqueurs moléculaires :

VII.4. 1. La technique RFLP

Polymorphisme de longueur de fragment de restriction (Restriction Fragment Length Polymorphism)

Toute modification des séquences d'ADN (mutation, addition, délétion) réorganise fréquemment les sites de restriction. Lors de l'action d'enzymes de restriction, la taille des fragments de restriction est alors modifiée : on observe un polymorphisme.

Les étapes de la technique

1. L'ADN de la plante est extrait.
2. Il est soumis à une digestion par une ou plusieurs enzymes de restriction. La taille des fragments obtenus est dépendante des enzymes utilisées.
3. Les fragments sont ensuite séparés selon leur taille par électrophorèse. Lors de la digestion de l'ADN génomique, on visualise sur le gel une traînée appelée « smear », car il y a un grand nombre de fragments impossibles à séparer.
4. L'ADN est transféré par capillarité sous forme dénaturée (simple brin) sur une membrane de nylon. Cette technique de transfert permet de conserver la position relative des fragments d'ADN.
5. Cette membrane est mise en contact avec une solution contenant une sonde marquée soit par la radioactivité, soit chimiquement. Cette sonde s'hybride alors avec le ou les fragments d'ADN avec lesquels elle présente une homologie.
6. La position de l'hybridation est révélée en plaçant la membrane au contact d'un film sensible, ou en réalisant une réaction enzymatique colorée (selon le type de sonde utilisé).

Ces trois dernières étapes de transfert, d'hybridation et de révélation correspondent à la technique de Southern.

VII.4. 2-Les marqueurs RFLP

Caractéristiques du polymorphisme

Comparons deux individus A et B. Leur ADN sera digéré séparément par des enzymes de restriction données, puis hybridé par une sonde S.

La digestion avec l'enzyme \blacklozenge donne des fragments de restriction identiques pour les deux individus. Les deux profils révélés après électrophorèse ne permettent pas de les distinguer. Avec ce couple enzyme \blacklozenge - sonde S, aucun polymorphisme n'est mis en évidence.

En revanche, pour l'enzyme \blacktriangledown , l'individu B présente une mutation au niveau d'un site de restriction, entraînant la perte de ce site. Ainsi, par digestion, l'individu A donne un fragment plus petit que celui de l'individu B. On révèle le polymorphisme entre les deux individus : un fragment rapide pour A et un plus lent pour B.

Ce couple enzyme \blacklozenge - sonde S révèle un polymorphisme.

Création de marqueurs

C'est le couple enzyme/sonde qui constitue le marqueur. La sonde révèle un locus polymorphe ou monomorphe.

Les enzymes de restriction permettent de visualiser le nombre d'allèles détectables à ce locus dans une population. Chez le maïs, 95 % des sondes utilisées sont polymorphes, alors que chez le blé, plante autogame, 5 à 10 % des sondes seulement sont polymorphes.

Utilisation de la technique

Cette technique de marquage moléculaire est très utilisée, car elle fournit des profils peu complexes permettant de caractériser l'empreinte génétique d'une plante ou de construire une carte génétique. Elle est fiable, les résultats observés peuvent être répétés. Toutefois, elle est lourde à mettre en oeuvre : l'étape de transfert et d'hybridation empêche une automatisation du travail.

VII.4. 3. Les marqueurs RAPD

ADN polymorphe amplifié au hasard (Random Amplified Polymorphic DNA)

Cette technique consiste à réaliser une PCR en utilisant une amorce courte d'une dizaine de nucléotides, de séquence arbitraire. Cette amorce va s'hybrider au hasard dans le génome. Si deux sites d'hybridation sont proches et sur deux brins d'ADN, il y aura amplification, c'est le cas de l'individu A. En revanche, si ces deux sites sont trop éloignés, il ne peut y avoir amplification, cas de l'individu B. Ainsi, on observe la présence d'une bande sur le gel pour A et l'absence pour B de cette même bande (Bichara. 2006). Le polymorphisme révélé est un polymorphisme de sites d'hybridation d'amorce. Les amorces constituent donc les marqueurs. Pour l'ensemble du génome, une dizaine de fragments sont en moyenne amplifiés puis séparés par électrophorèse.

Utilisation de la technique

Cette méthode ne nécessite pas de digestion par une enzyme de restriction, pas de transfert sur une membrane, pas de préparation de sonde radioactive. Elle est donc rapide et d'une faible technicité. Toutefois, sa reproductibilité est difficile à obtenir. En effet, l'amplification obtenue dépend beaucoup des conditions de réalisation de la PCR. Ainsi les résultats sont difficilement reproductibles d'un laboratoire à un autre. Elle est utilisée lors d'analyses préliminaires rapides, par exemple la mise en évidence de quelques marqueurs au voisinage d'un gène d'intérêt.

VII.4. 4. Les marqueurs AFLP Polymorphisme de longueur des fragments d'amplification (Amplification Fragment Length Polymorphism)

Cette technique est fondée sur la mise en évidence conjointe de polymorphisme de site de restriction et de polymorphisme d'hybridation d'une amorce de séquence arbitraire.

Les étapes de la technique

L'ADN de la plante est soumis à une digestion par des enzymes de restriction. Les tailles des fragments obtenus sont dépendantes des enzymes utilisées. Ensuite, il y a addition aux extrémités des fragments de restriction d'adaptateurs nucléotidiques spécifiques des enzymes de restriction utilisées. Ils sont de séquences connues.

Les fragments sont ensuite amplifiés par PCR. On utilise comme amorce un oligonucléotide complémentaire de la séquence de l'adaptateur, prolongé de quelques nucléotides arbitraires (de 1 à 3) appelés bases débordantes. Seuls sont amplifiés les fragments possédant les bases complémentaires de ces bases arbitraires. Il s'agit donc d'amorces sélectives permettant de réduire le nombre de fragments amplifiés à une centaine : sans ces séquences débordantes, il y aurait amplification de milliers de fragments. Les bandes sont visualisées par électrophorèse.

Création de marqueurs

C'est la combinaison enzyme de restriction/amorce qui permet de révéler le polymorphisme entre les individus. Celle-ci constitue le marqueur AFLP. Le locus mis en évidence dépend de la séquence du site de l'enzyme de restriction et des bases arbitraires. Il existe de très nombreuses combinaisons enzyme/amorce. En effet, on dispose d'une dizaine d'enzymes de restriction et il existe de très nombreuses amorces d'amplification par combinaisons de 3 bases débordantes.

VII.4. 5. Les marqueurs SNP (Single Nucleotide Polymorphisme)

Polymorphisme mononucléotidique : SNP (Single Nucleotide Polymorphisme) Les récents progrès en matière d'analyse de séquences d'ADN et la mise au point de méthodologies à haut débit ont rendu possible l'identification et l'analyse de la variation nucléotidique à grande échelle. Le marquage moléculaire par SNP permet de repérer les différences au niveau d'un nucléotide dans une séquence d'ADN. Cette technique consiste à hybrider sur l'ADN cible une sonde complémentaire portant une molécule fluorescente (le fluorophore). Chaque sonde est spécifique d'une séquence d'ADN donnée.

La deuxième étape consiste en une élongation par action de la Taq polymérase (PCR). Cette enzyme ajoute à l'extrémité des amorces des oligonucléotides présents dans le milieu de réaction et libère les fluorophores fixés sur les sondes. Enfin, une visualisation par excitation et quantification du fluorophore, à une longueur d'onde qui lui est propre, est réalisée. Les individus A et B ne révèlent pas la même fluorescence, il ont donc un polymorphisme au niveau d'un nucléotide.

- Utilisation de la technique

Cette technologie qui permet d'éliminer entièrement les étapes de séparation de taille par électrophorèse présente un potentiel d'automatisation très supérieur aux technologies précédentes (RFLP, RAPD, AFLP, SSR...). Elle peut donc être réalisée à très haut débit. Le marquage SNP ou Snip permet d'obtenir des résultats précis pour différencier des allèles entre individus.

VII.4.6. les marqueurs de type SSR (Polymorphisme de nombre d'unités de répétition (Sort séquences rpeat)):

VII.4.6. 1. Définition :

Un microsatellite ou séquence microsatellite est une séquence d'ADN formée par une répétition continue de motifs composés de 2 à 10 nucléotides. Cette séquence est également appelée simple sequence repeats (SSR), short tandem repeats (STR), et occasionnellement, sequence tagged microsatellite sites (STMS) ou simple sequence repeat polymorphisms (SSRPs). Ils sont de loin le type de marqueurs STS les plus utilisés.

Les SSR sont de courtes répétitions en tandem, de longueur entre 1 et 10 pb, typiquement 2 ou 3 pb. Les SSR sont très variables et distribués régulièrement le long du génome. Ce type d'ADN répété est commun chez les eucaryotes, le nombre d'unités répétées variant largement parmi les organismes, allant jusqu'à 50 copies de l'unité répétée (Morgante 1993).

VII.4.6.2. La structure des microsatellites :

Les microsatellites sont constitués, selon cette figure, des régions flanquantes l'une gauche et l'autre droite ; ils comprennent aussi des séquences répétées dites motifs, ces motifs diffèrent d'un individu à l'autre, cette différence détermine le polymorphisme des individus. (Blair et al, 1999).

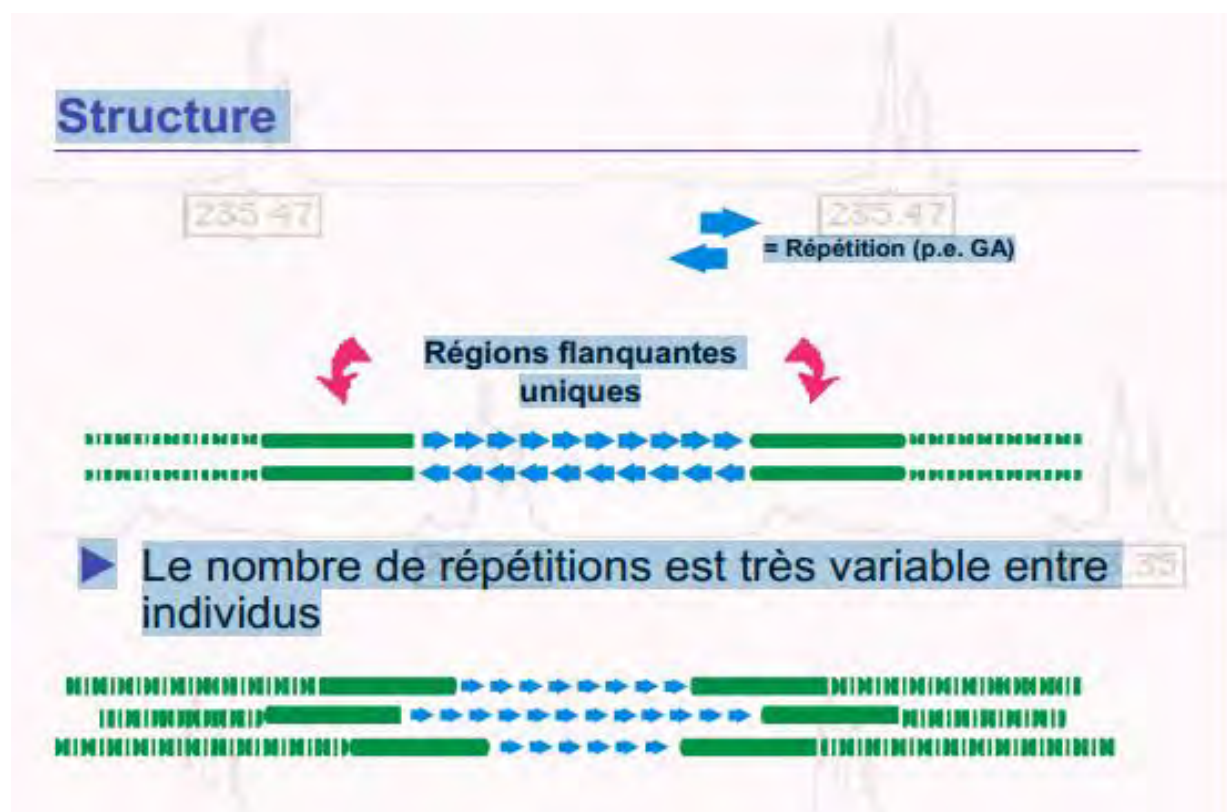


Figure 62 : la structure de microsatellites (selon Cirad et supagro ; 2006).

VII.4.6.3. Quelques dates concernant l'histoire des microsatellites :

- 1960 -1965 : premières descriptions
- 1980 -1985 : présence dans de nombreux génomes
- 1989 : utilisation en tant que marqueurs génétiques (Jarne. 2012).

VII.4.6.4. Cycle de vie d'un microsatellite :

1. la naissance d'un microsatellite dans une région où des variants des séquences répétitivement simples d'ADN sont présents en nombre important (régions de "cryptic simplicity").
2. L'augmentation progressive d'un même type de motif qui, au-delà d'un certain nombre de répétitions, verra son taux de mutation augmenter et s'accroîtra en longueur, le taux d'erreur de la polymérase étant alors accru.

(3) L'importance des pressions évolutives que sont la mutation, la dérive génétique, la sélection ou la migration peut alors être estimée par le nombre d'allèles, le spectre des fréquences alléliques illustrant alors le portrait d'un locus microsatellite "mature".

(4) Cet accroissement en longueur du microsatellite diminuera à partir d'une valeur maximale de répétitions, des processus de sélection encore mal définis étant, semble-t-il, impliqué dans cette contrainte de taille.

(5) Des délétions et des mutations ponctuelles interrompant les répétitions entraîneront finalement la dégénérescence du microsatellite qui reviendra à son stade initial où différents motifs seront mélangés, interrompus et présents en surnombre. La croissance d'un nouveau microsatellite dérivé interviendra à la suite de mutations favorables ayant supprimé ces interruptions. (John. 2006).

VII.4.6.5. Les différentes classes des microsatellites :

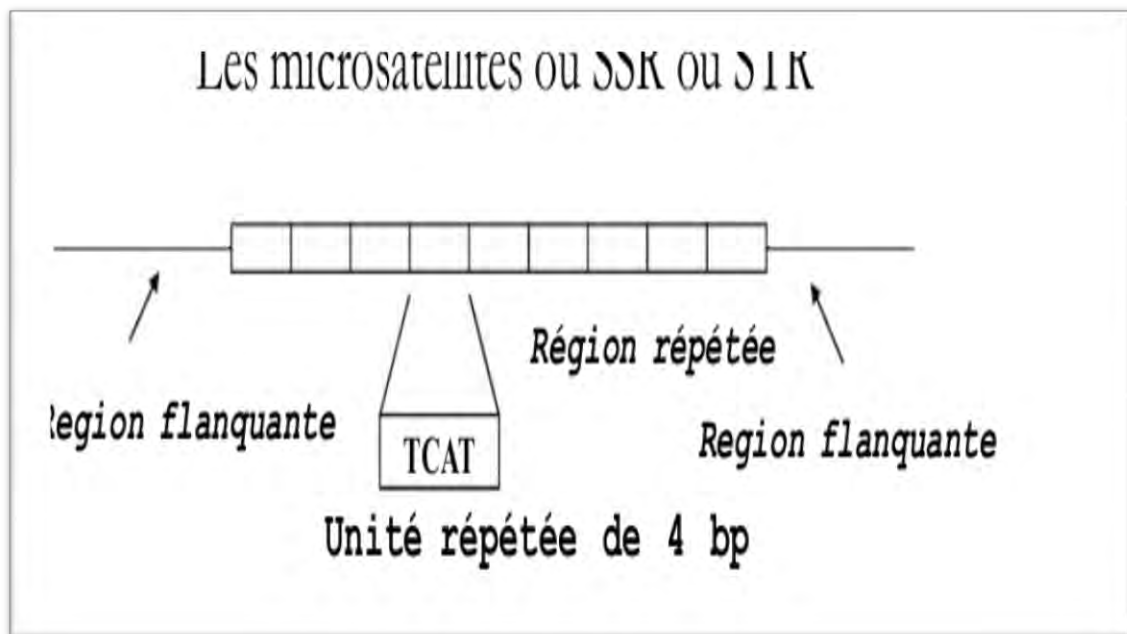


Figure 63 : les microsatellites ou SSR ou STR constitués de deux régions flanquantes, d'unité répétée n fois sur la région répétée. (Morgante et al 1993).

VII.4.6.6. Les différents types de microsatellites :

Il y a 4 types de microsatellites, classés selon la répétition des différents couples de base azotée et leurs répétitions.

- Parfaits (AT) 18
- Imparfaits (TA) 4 (AG) 13
- Interrompus (CA) 5 CT (CA) 9
- Composés (AG) 10 (AT) 3 (AGAT) 3 (TAGA) 3 (ATAG) (Jean-François Arnaud).



Figure 64 : Exemple d'une séquence microsatellite de type (CA) n à 6.7.8 et 11 allèles.

VII.4.6.7. Caractéristiques générales des SSR:

- Les microsatellites sont issus de dérapage au moment de la réplication. Les microsatellites se trouvent aussi bien dans les régions codantes que dans les régions non-codantes, mais ils sont beaucoup plus abondants au sein de ces dernières.
- La transmission génétique de ces séquences suit les lois de Mendel de l'hérédité.
- La longueur de ces séquences, c'est-à-dire le nombre de répétitions, est variable d'une espèce à l'autre, d'un individu à l'autre et d'un allèle à l'autre chez un même individu.
- la localisation de ces séquences sur le génome est relativement conservée entre les espèces.
- Les régions flanquantes des microsatellites servent d'amorces lors de la PCR.
- C'est la paire d'amorce spécifique des bordures droites et gauche du microsatellite qui constituent le marqueur.
- Si les SSR constituent de bons marqueurs moléculaires (reproductibles, codominants et aisés d'utilisation), leur caractérisation initiale est toute fois assez lourde. En effet leur production doit passer d'abord par le clonage et le séquençage de ces éléments répétés.
- Les polymorphismes dans les SSR sont causés par des différences dans le nombre d'unités répétées.
- les microsatellites sont le plus souvent multialléliques. Leur détection est obtenue par PCR du locus contenant la séquence répétée suivie d'une électrophorèse du produit de PCR qui permet de distinguer les allèles en fonction de leur taille (Umar.1996 et Ellegren, 2004).

VII.4.6.8. Identification des régions des SSR :

Il y a deux façons d'identification des régions des microsatellites :

VII.4.6.8.1. Le cas où les séquences sont disponibles dans les bases des données :

- Identification des séquences contenant des microsatellites
- Définition d'amorces spécifiques
- Détection du polymorphisme

VII.4.6.8.2. Le cas où il n'y a aucune séquence disponible de l'ADN dans les bases de données :

On a deux façons d'identification des régions des microsatellites soit par ;

- Utilisation des SSR comme sondes sur l'ADN digéré puis la détection de polymorphismes, ou par :
- Utilisation des SSR connus pour isoler des clones les contenant dans les banques de données
- Séquençage des clones possibles
- Définition d'amorces spécifiques
- Détection de polymorphismes

Les régions du génome riches en répétitions, les SSR tendent à se regrouper au niveau des centromères et télomères des chromosomes. Cependant, ce problème peut être résolu en développant des SSR à partir de banques d'EST, riches en gènes et mieux répartis sur le génome.

VII.4.6.9. Les mécanismes de mutation des microsatellites :**VII.4.6.9. 1. La fidélité de la réplication des microsatellites :**

La fidélité de la réplication de l'ADN est aussi fonction de la nature de la séquence d'ADN à répliquer. Les microsatellites, qui constituent une fraction particulière du génome, montrent un taux de mutation plus élevé que le reste du génome.

Les microsatellites sont des séquences intergéniques très polymorphes (Ellegren, 2004). Ce polymorphisme est dû à un taux relativement élevé de mutation dans ces séquences, comparativement à d'autres régions du génome. Les ADN polymérases effectuent des erreurs d'insertion ou de délétion même durant un processus normal de réplication de l'ADN. Cependant, la plupart de ces erreurs sont éliminées par la correction d'épreuves de la polymérase et le système MMR.

Les données disponibles chez la levure, les mammifères et la drosophile suggèrent que les altérations dans les microsatellites, particulièrement les répétitions simples, reflètent le dérapage de l'ADN polymérase qui produit des mésappariements entre une ou plusieurs bases répétées (Strand et al., 1993; Harfe, 2000).

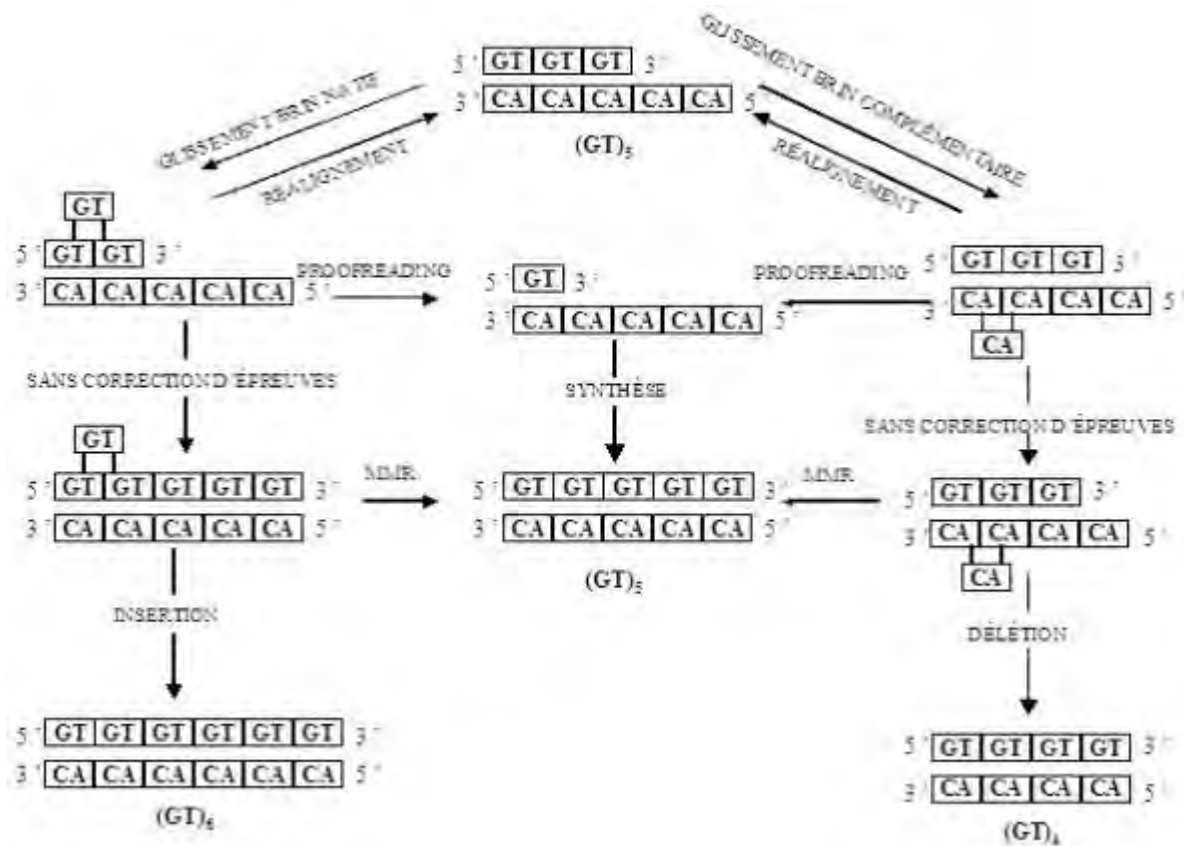


Figure 65 : Schéma illustrant l'instabilité d'un microsatellite (GT)₅.

Si les nucléotides mésappariés sont sur le brin natif, il en résulte une insertion transitoire, alors que les nucléotides mésappariés sur le brin complémentaire entraînent une délétion transitoire. Ces intermédiaires peuvent être corrigés, en présence d'un système de réparation fonctionnel, par un réalignement ou une excision 3' → 5' du brin natif avant que la synthèse ne continue. Si la correction n'a pas lieu durant la réplication, le brin nouvellement synthétisé peut être réparé une fois la réplication achevée en utilisant le brin parental comme gabarit complémentaire. Cependant, la continuation de la polymérisation de ces intermédiaires sans « proofreading » ni réparation provoque une insertion ou une délétion dans le brin nouvellement synthétisé (adapté de Umar et Kunkel, 1996).

VII.4.6.9. 2. L'instabilité des microsatellites :

Les additions et les pertes de bases sont fréquentes dans les microsatellites, par rapport à d'autres régions du génome, ce qui leur confère ce caractère d'instabilité. L'addition ou la délétion d'un motif dans la séquence répétée entraîne l'augmentation ou le raccourcissement de la séquence et constitue un obstacle majeur au maintien de la stabilité génétique (Umar. 1996, Sia et al .1997 et Strauss. 1999).

L'instabilité des microsatellites a des conséquences importantes qui peuvent s'avérer bénéfiques ou néfastes. Les changements de taille des séquences répétées à l'intérieur ou à proximité des gènes peuvent altérer l'expression et la fonction de ces gènes. Par exemple, il existe chez l'homme un certain nombre de maladies génétiques reflétant l'expansion des séquences répétées, telle la maladie de Huntington affectant le système nerveux (Sia et al .

1997). L'instabilité des microsatellites est également observée chez les patients souffrant d'un type de cancer du colon (HNPCC, hereditary non-polyposis colon cancer), une maladie souvent associée au dysfonctionnement du système de correction des mésappariements (Kolodner, 1994). En conséquence, l'augmentation de l'instabilité est un outil diagnostique de certains cancers humains associés à une déficience du système de réparation des mésappariements. Un aspect utile de l'instabilité des séquences répétées est le polymorphisme allélique qui est très utilisé en cartographie génétique (Stojic. 2004).

VII.4.6.9.2.1. Les facteurs qui influencent l'instabilité des microsatellites

Le taux d'instabilité est affecté par plusieurs caractéristiques du microsatellite lui-même: la longueur de l'unité répétée, la composition de l'unité répétée, le nombre de répétitions de cette unité de base, le taux de transcription du microsatellite, la pureté de la séquence répétée (ex. présence d'interruptions dans la répétition) et la composition de la séquence flanquante. Ces différents paramètres seront développés dans les paragraphes suivants.

Il a été observé que des suites mononucléotidiques sont plus instables que les dinucléotides, qui sont à leurs tours plus instables que les trinucéotides, etc... Ceci a été rapporté chez *E. coli* (Bichara et al., 2000), chez la levure, ainsi que chez les mammifères (Boyer et al., 2002). Il s'en dégage une tendance claire à l'effet que plus l'unité répétée est longue, plus le microsatellite ne sera stable, à nombre égal de répétitions bien entendu. La composition en bases influence également le taux de mutation dans les microsatellites. Les répétitions de G ou de C sont plus instables que celles composées de A ou de T (Boyer et al., 2002). Chez la levure, par exemple, des mononucléotides constitués de 10 C ou 10 G sont de trois à 19 fois plus instables que ceux composés de 10 A ou de 10 T. La localisation d'un microsatellite peut aussi affecter sa stabilité de trois façons :

- 1) via des effets de contexte local des séquences avoisinantes ;
- 2) en fonction de l'activité transcriptionnelle dans la région en question ; et
- 3) selon l'orientation du microsatellite.

En effet, Harfe et Jinks-Robertson (2000) ont montré que la composition de la séquence avoisinant le microsatellite affecte le taux de mutation au sein d'une suite mononucléotidique chez la levure. Il a également été rapporté qu'un taux de transcription élevé déstabilise une séquence répétée à cause de l'augmentation du dérapage de l'ADN polymérase. Une transcription élevée causerait un sur-enroulement des domaines du chromosome et une réduction de l'efficacité de l'interaction de l'ADN, soit avec l'ADN polymérase soit avec les protéines du système MMR. Finalement, une étude chez *E. coli* (Morel et al., 1998) a montré que l'instabilité d'un microsatellite d'une longueur donnée dépend de son orientation par rapport au sens de la réplication, l'instabilité d'un poly(TG) étant deux fois plus élevée que celle d'un poly(AC) de même longueur. D'autres travaux ont aussi montré que l'instabilité d'un trinucéotide est affectée par son orientation (Kang et al., 1995; Maurer et al., 1996). Par contre, une étude chez la levure a montré que le taux d'instabilité d'un poly(GT) est indépendant de cette orientation. (Henderson, 1992; Sia et al. 1997)

Enfin, la longueur de la séquence répétée, c'est-à-dire le nombre de fois qu'est répétée l'unité de base, affecte l'instabilité des microsatellites (Wierdl *et al.* 1997; Yamada *et al.* 2002; Ellegren, 2004). La fréquence de dérapage de l'ADN polymérase dans les mononucléotides est d'autant plus élevée que le microsatellite est long (Kroutil *et al.* 1996). Chez une souche sauvage de levure, un microsatellite de 14 adénines est par exemple 400 fois plus instable que son homologue contenant 4 adénines (Tran *et al.* , 1997)

Une étude récente effectuée chez *Arabidopsis* a montré que l'instabilité d'un mononucléotide constitué de guanine est positivement corrélée à sa longueur. L'instabilité des microsatellites pose un problème de leurs applications dans les expériences scientifiques, mais ce problème-peut-être limité par le système MMR, ce dernier est présenté comme suite :

Les gènes MMR participent au maintien de l'intégrité du génome chez les organismes vivants. De nombreux travaux antérieurs ont montré que ces gènes jouent un rôle important dans la stabilité des séquences répétées aussi bien chez les procaryotes que chez les eucaryotes (levure, drosophile, mammifères, ...). Chez les plantes, le gène *AtMSH2* a fait l'objet d'une étude récente sur l'instabilité des séquences répétées, son inactivation provoquant une réduction de la stabilité de ces séquences (Leonard *et al.* , 2003).

VII.4.6.10. Applications des microsatellites :

Les microsatellites ont plusieurs applications, on présente entre eux :

- a. Applications Génotypage des individus
- b. Evaluation des ressources génétiques
- c. Diversité génétique
- d. Cartographie des génomes
- e. Etudes phylogénétiques
- f. Etudes d'évolution

Dans ce travail la technique de marquage moléculaire par les microsatellites va permettre l'étude du polymorphisme d'une espèce végétal donné pour un but de construire l'arbre phylogénétique.

VII.7. Etudes phylogénétiques

La phylogénie peut se définir comme "le cours historique de la descendance des êtres organisés" s'appuyant sur le concept de base de la descendance avec modification. Le support formel de la représentation, admise par tous, est l'arbre phylogénétique.

VII.7. 1. Définition de l'arbre phylogénétique :

Un arbre phylogénétique est un arbre schématique qui montre les relations de parentés entre des entités supposées avoir un ancêtre commun. Chacun des nœuds de l'arbre représente l'ancêtre commun de ses descendants ; le nom qu'il porte est celui du clade formé des groupes

frères qui lui appartiennent, non celui de l'ancêtre qui reste impossible à déterminer. L'arbre peut être enraciné ou pas, selon qu'on est parvenu à identifier l'ancêtre commun à toutes les feuilles.

La lecture de l'arbre phylogénétique se fait comme suite :

- Savoir dire si un arbre est valable ou non
- Donner les caractéristiques du plus récent ancêtre commun
- Définir les clades ou groupes phylogénétiques
- Préciser le degré de parenté en le justifiant

VII.7.2. Les composants de l'arbre phylogénétique

- Les feuilles y représentent les "espèces" étudiées ou les taxons
- les nœuds internes, les ancêtres virtuels ayant divergé
- les arêtes, les liens de filiation. Les arêtes sont évaluées.

En général, les arbres sont ternaires (nœud interne a trois arêtes) et peuvent être enracinés; dans ce cas l'arbre est "orienté", il possède une origine qui est un nœud unaire appelé racine ou ancêtre. Un dendrogramme est un arbre additif enraciné, dont tous les chemins de la racine à chacune des feuilles ont la même longueur.

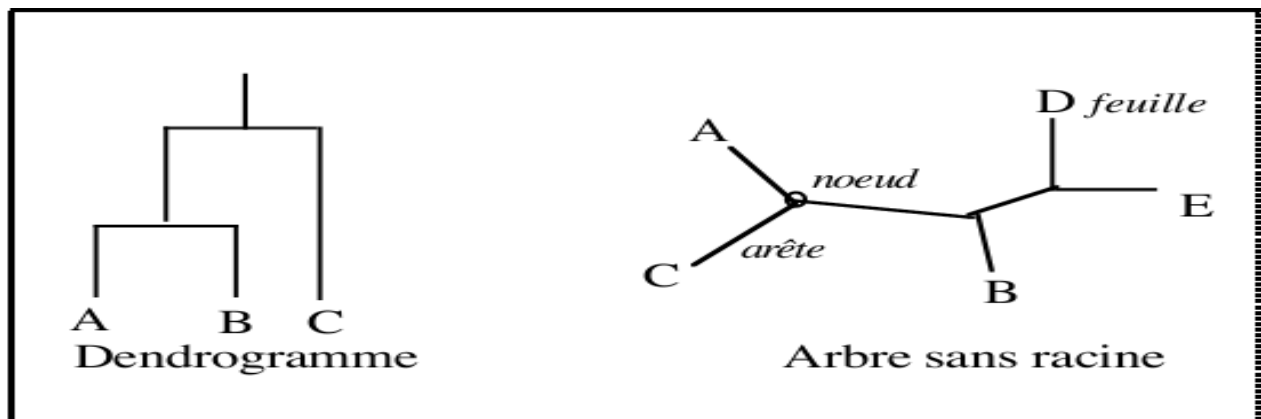


Figure 66 : Représentation du support formel de la ressemblance ou de la différence entre les objets d'étude de la phylogénie

Il existe plusieurs méthodes de construction de l'arbre phylogénétique, entre autre le logiciel Tree Con for Windows que nous avons utilisé dans notre travail.

CHAPITRE VIII

*Détermination du polymorphisme génétique chez Tamarix sp. par la technique
PCR-SSR*

Introduction

Toutefois, les mécanismes de l'adaptation et la structure génétique du genre *Tamarix* restent peu connus, comme c'est le cas de plusieurs espèces méditerranéennes, peu d'études ont portées sur l'évaluation de sa diversité génétique dont la connaissance serait nécessaire pour la bonne gestion et la valorisation de cette ressource phytogénétique (Maalem et al, 2012).

dans ce chapitre nous contribuons à la mise en évidence de l'effet du milieu sur de la variabilité génétique du genre *Tamarix*. Pour ce faire nous avons opté pour la technique du marquage moléculaire PCR-SSR sur 23 accessions de différentes espèces du genre *Tamarix* avec 14 amorces spécifiques de ce genre, des génotypes ont été prélevés dans trois sites extrêmement différents aux niveaux climatique, édaphique et orographique, et distribués le long d'un transect Sud-Nord dans les régions arides de Khenchela située à l'Est de l'Algérie (Khabtane. 2014, 2012, 2010).

VIII.1. Matériel et Méthodes

VIII.1. 1. Matériel végétal et site d'essai

Les échantillons des espèces du *Tamarix* étudiés ont été collectés des trois sites différents (Site I (shott), Site II (Oued), Site III (désert)) des régions arides de Khenchela en Est Algérien (voir la carte 09, Cf. II). Nous avons prélevé au hasard 30 échantillons constitués des jeunes feuilles, sur 10 individus adultes et d'une façon aléatoire pour chaque site.

VIII.1.2. Extraction et quantification de l'ADN

VIII.1.2. 1. Extraction de l'ADN :

L'extraction de l'ADN est déroulée au sein de laboratoire de biologie moléculaire appartenant à l'Institut National de la Recherche en Agronomie de Tunis (INRAT) et la Banque de Gènes de la Tunisie où nous avons appliqué le protocole d'extraction suivant:

- 1/ broyer dans de l'azote liquide une quantité (plus d'un gramme) de matière végétale fraîche à l'aide d'un mortier et d'un pilon jusqu'à l'obtention d'une quantité très fine
- 2/ Ajouter 900µl d'extraction buffer (EB) et 9µl de (β-mercaptoéthanol tout en mélangeant bien avec le vortex
- 3/Mettre les tubes à une température 65°C pendant 30 min avec une agitation après chaque 5 min
- 4/ Ajouter 909µl de chloroforme isomylique (24.1)
Agiter les tubes pendant 10 min et centrifuger à 13000TPM pendant 10 min
- 5/ Récupérer le surnageant en le transférant dans de nouveaux tubes, ajouter 900µl d'isopropanol frais (- 80°C) et faire précipiter l'ADN en mélangeant doucement
- 6/ Centrifuger (à 13000TPM) les tubes entre 5 à 10 min
Jeter le surnageant puis ajouter 500µl d'éthanol pour laver l'ADN obtenu et centrifuger les tubes pendant 5 min à 13000 TPM
- 7/ Inverser les tubes pour se débarrasser de l'éthanol et sécher le culot de l'ADN
- 8/ Ajouter 200 µl TE (tri EDTA)

VIII.1.2.2. Traitement à l'ARNase :

le traitement à l'ARNase se fait dans une solution de prélavage au chloroforme : alcool isoamylique et la RNAase dans de l'eau distillée et autoclavée. (Matthew . 2008), comme suit:

- 1/ Ajouter 4µl ARNase à chaque échantillon. Mettre les tubes à 37°C pendant une heure et 30 min
- 2/ Ajouter 200µl de chloroforme alcool isomylique (24.1)
Agiter les tubes pendant 10 min et centrifuger
- 3/ Récupérer le surnageant on le transférant dans des nouveaux tubes
- 4/ Ajouter un volume d'acétate d'amonium (200µl) et deux volume d'éthanol (400µl)
Ou ajouter 0.1 volume d'acétate de sodium (20µl) et deux volume d'éthanol (440µl)
- 5/ Mettre les tubes à -80°C pendant 2 min ou une heure à -20°C au moins
- 6/ Centrifuger les tubes à 13000TPM pendant 10 min et jeter le surnageant
- 7/ ajouter 60µl d'éthanol (75%) pour laver l'ADN
Et centrifuger les tubes pendant 5 min
- 8/ Inverser les tubes. Sécher le culot d'ADN
- 9/ dissoudre l'ADN dans 100µl TE

VIII.1.2.3. Purification :

Pour la purification de l'ADN obtenue nous avons opté le protocole suivant:

- On prélève 200 TE (µl) pour 4µl ARNase.
- On le mis dans le beine marie à 37°C (35-40°C) pour une durée de 30 min.
- On ajout 400µl de couple de chloroforme phénol et agiter pendant 10 à 15 min.
- Ces derniers sont ensuite Centrifuger pendant 15 min.
- Transmettre le surnageant à un tube nouveau en coupant les connes de pipettes pour ne pas dégrader l'ADN
- Mettre le surnageant dans des nouveaux tubes
- Ajouter le même volume de surnageant d'isopropanol et agiter soigneusement puis le mettre dans le frigo (-20°C) une heure ou dans une température de (-80°C) pendant 10 min.
- Laver et sécher l'ADN puis ajouter 200µl TE.

VIII.1.2.4. Préparation du marqueur :

La préparation du marquer moléculaire consiste à:

- Mélanger avant le chargement dans le puit : 1µl du marqueur (0.5 µg), 1µl 6X loading buffer et 4 µl d'eau double distillée ou eau ultrapure.
- Mélanger bien et charger 0.1 µg de marqueur (1.2µl du mixte) dans le puit.
- Le traitement de ce marqueur par l'électrophorèse donne le résultat suivant :

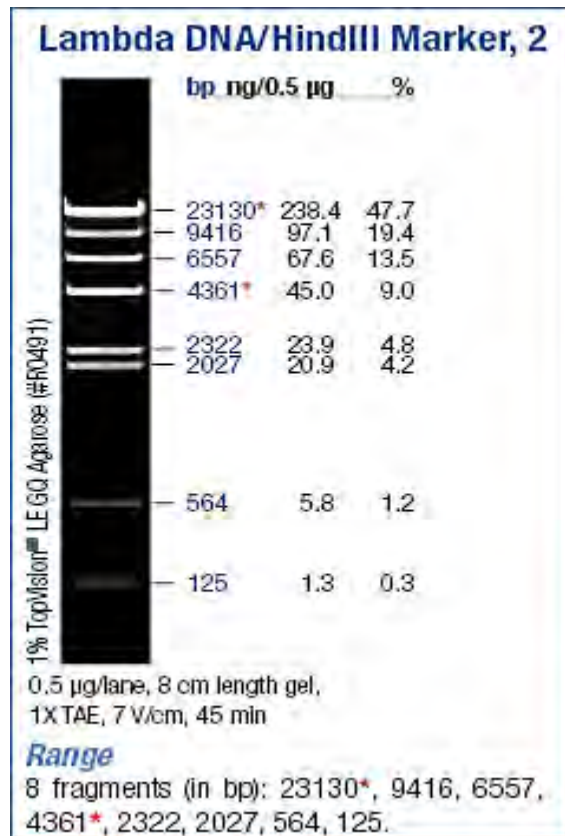


Figure 67 : Electrophorèse du marqueur λ/Hind III.

Dans notre cas, nous avons ajouté 2µl au marqueur λ/Hind III d'un colorant dite: loading Dye

VIII.1.2.5. La quantification d'ADN:

Les fragments observés dans cette image représentent la quantité d'ADN du marqueur λ/Hind III en paire de base :Dans 0.8 % ou 0.7 % du gel d'agarose.

Cet ADN, selon les valeurs représentées dans cette image, a une longueur de 48502 pb - la concentration d'ADN a été 0.5µg/µl c'est-à-dire 500 mg.

Les valeurs en **ng** sont obtenues après l'application de cette loi :

La valeur en ng = la concentration d'ADN x longueur d'amorce / longueur d'ADN total.

Longueur d'amorce en pb	Valeur en ng
23130	238.44
9416	97.068
6557	67.595
4351	44.853
2322	23.937
2027	20.896
564	4.8502
125	1.3

Tableau 40 : la longueur d'amorce du marqueur λ Hind III en pb et en ng

Les valeurs obtenues en **ng** représentés dans ce tableau sont presque les mêmes valeurs observés dans la figure 65.

Dans notre cas nous avons utilisé deux dose du marqueur moléculaire λ Hind III :

1/ en cas où en cas où les quantités utilisées sont:

- la quantité d'ADN du marqueur moléculaire λ est 2 μ l

- la quantité d'ADN de nos échantillons est 2 μ l

les quantités de l'ADN des nos échantillons sera déterminée comme suit :

$$I1 = x / 2 = 13844 / 2 = 119.22 \text{ ng}$$

$$I2 = x / 3 = 97068 / 3 = 32.356 \text{ ng}$$

$$I3 = x / 4 = 67595 / 4 = 16.898875 \text{ ng}$$

$$I4 = x / 5 = 44956 / 5 = 13.51889912 \text{ ng}$$

$$I5 = x / 6 = 23937 / 6 = 3.9895 \text{ ng}$$

$$I6 = x / 7 = 20896 / 7 = 2.985142 \text{ ng}$$

$$I7 = x / 8 = 5814 / 8 = 0.72675 \text{ ng}$$

$$I8 = x / 9 = 1.3 / 9 = 0.14 \text{ ng}$$

2 / en cas où en cas où les quantités utilisées sont:

- la quantité d'ADN du marqueur moléculaire λ est 2 μ l

- la quantité d'ADN de nos échantillons est 2 μ l

les quantités de l'ADN des nos échantillons sera déterminée comme suit:

$$I1 = x / 2 \times 1 / 2 = x / 4 = 23844 / 4 = 5961 \text{ ng}$$

$$I2 = x / 3 \times 1 / 2 = x / 6 = 97068 / 6 = 16178 \text{ ng}$$

$$I3 = x / 4 \times 1 / 2 = x / 8 = 67595 / 8 = 8449 \text{ ng}$$

$$I4 = x / 5 \times 1 / 2 = x / 10 = 44956 / 10 = 4495.6 \text{ ng}$$

$$I5 = x / 6 \times 1 / 2 = x / 12 = 23937 / 12 = 1994.75 \text{ ng}$$

$$I6 = x / 7 \times 1 / 2 = x / 14 = 20896 / 14 = 1492.57 \text{ ng}$$

$$I7 = x / 8 \times 1 / 2 = x / 16 = 5814 / 16 = 363.37 \text{ ng}$$

$$I8 = x / 9 \times 1 / 2 = x / 18 = 13 / 18 = 0.72 \text{ ng}$$

VIII.1.2.6. Les amorces utilisées:

Nous avons testé les 30 génotypes avec 14 amorces spécifiques au *Tamarix* et en raison de la qualité des bandes polymorphes qu'elles ont produit, nous avons retenu que 23 génotypes ont donné de bons résultats (Tableau 41)

Amorce	Repeat Motif	Ta (C °)	Génotypes retenus		
			Site I	Site II	Site III
Th127	(AGG) 4	58	I 1, I 2, I 3, I 4, I 5, I 6, I 7, I 8, I 9.	II 1, II 2, II 3, II 4, II 6, II 8, II 10.	III 3, III 4, III 5, III 6, III 8, III 9, III 10.
Th321	(CTC) 6	58			
Ta201	(AT) 7	56			
Th412	(AG) 11	58			
Th715	(AG) 10	54			
Th1071	(TTTC) 4	58			
Ta1350	(GA) 7	57			
Th2620	(AAG) 6	58			
Th2876	(CCTGCT) 4	58			
Th3484	(CATC) 4	58			
Th5990	(ATG) 11	57			
Th6387	(TTA) 6	54			
Th6976	(ATG) 11	58			

Tableau 41: les amorces utilisées et les génotypes retenus en marqueurs SSR

VIII.1.3. Amplification d'ADN et électrophorèse

L'amplification, en utilisant une PCR à temps réel, a été effectuée dans un volume total de 25µl selon le Protocole de Gaskin, (2012,2003) contenant:

- 2µl d'extrait d'ADN (10ng/µl);
- 5µl de tampon de l'enzyme de polymérisation (5x);
- 2µl de MgCl₂ (2.5mM);
- 2.5µl de dNTPs (2mM);
- 3.8µl d'amorce oligonucléotide (2µM);
- 0.4µl de Taq DNA polymérase (5U/µl).

le reste du volume est complété par de l'eau bidistillée jusqu'à 25µl.

Le processus de la PCR consiste en une pré-dénaturation initiale (3 min à 95°C), suivie de 45 cycles d'amplification (30sec de dénaturation à 95 °C, 1 min d'hybridation à 37 °C, 2 min d'extension à 72 °C) et en une extension finale de 10 min à 72 °C comme il est démontré dans la figure 66(Matthew, 2008).

Les produits PCR sont séparés par électrophorèse sur gel d'agarose à 2% (p/v TBE) contenant du Bromure d'éthidium pendant 90 min. Les bandes d'ADN sont alors observées à la lumière ultraviolette puis photographiées avec l'appareil GelDoc (Figure 67).

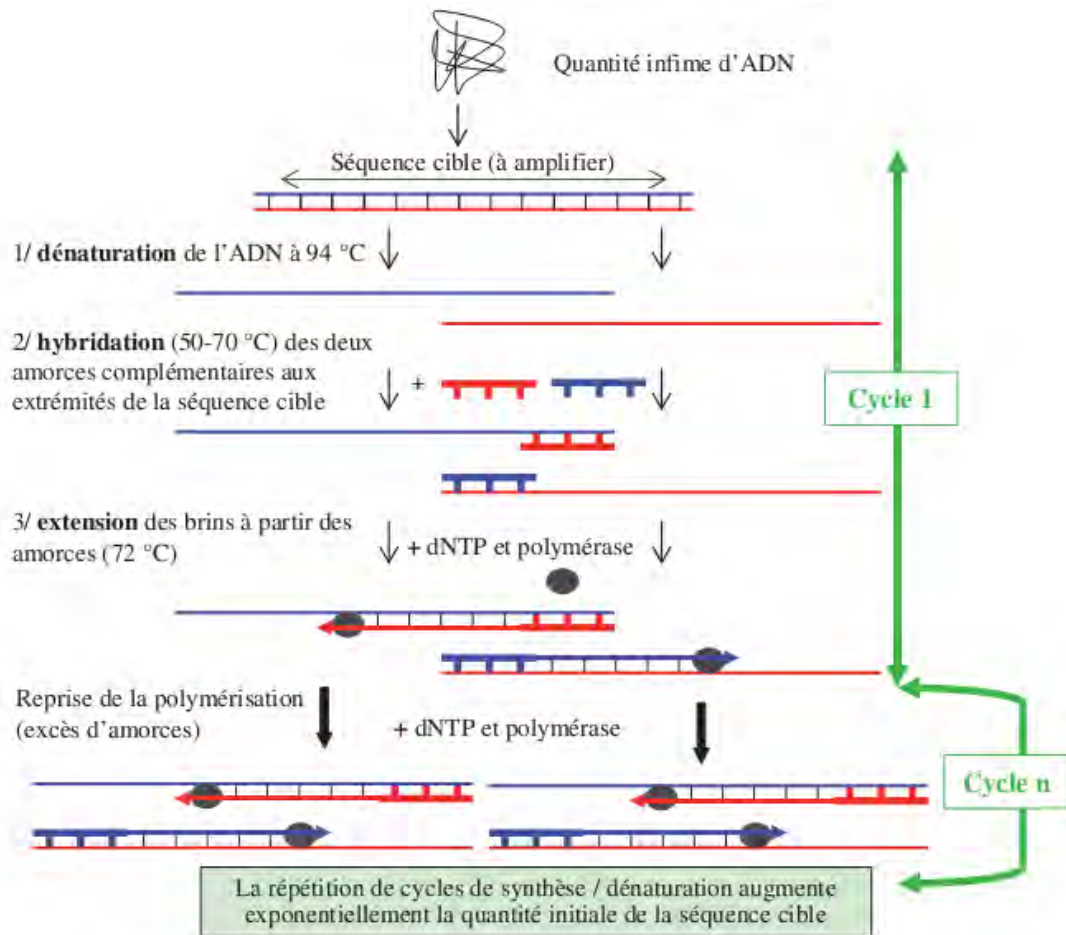


Figure 68: Schéma représentant les diverses étapes de la réaction en chaîne de polymérisation (PCR) de l'ADN.

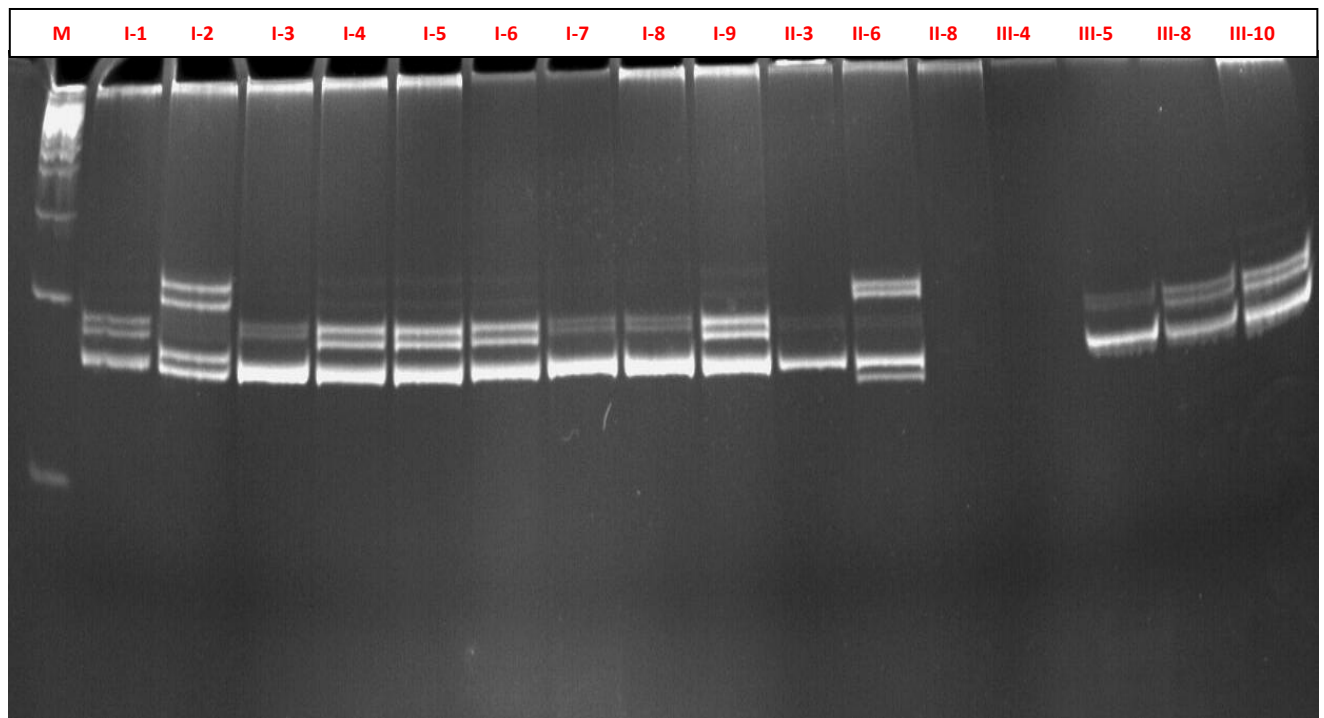


Figure 69: exemple du résultat obtenu avec l'amorce Th412 : Ta= 58° C; Taq = 0.4µl, ADN = 2µl

VIII.1.4. Analyse bioinformatique des données

Pour chacun des individus et pour chaque amorce, la lecture visuelle des gels a permis de noter les bandes polymorphes. Ainsi, nous avons attribué la valeur 1 pour les bandes présentes et 0 pour les bandes absentes. Après saisi des données correspondantes à la matrice binaire obtenues sous format de fichier texte à extension (*.txt) de Bloc Notes (Van de peer, 1994), le logiciel TreeCon For windows a permis d'élaborer un dendrogramme par la méthode NJ (Neighbor joining) en obtenant une matrice de coefficient de dissemblance génétique entre les différents génotypes du *Tamarix* étudiés (Tableau 42).

I-1	0																						
I-2	58,62	0																					
I-3	52,73	49,3	0																				
I-4	50,94	50,73	45,46	0																			
I-5	36,17	58,73	50	48,27	0																		
I-6	53,19	61,91	60	51,72	26,92	0																	
I-7	46,34	61,4	62,96	76,92	47,83	60,87	0																
I-8	54,39	53,43	42,86	61,77	58,07	64,52	46,43	0															
I-9	42,37	46,67	47,22	42,86	46,88	53,13	51,72	43,24	0														
II-1	91,3	89,74	94,44	88,24	85,71	85,71	90,91	89,47	95	0													
II-2	90,91	94,74	94,29	93,94	92,59	92,59	90,48	94,6	94,87	33,33	0												
II-3	60	73,91	72,93	85,37	71,43	82,86	51,72	68,89	65,96	81,82	80	0											
II-4	92	85,37	78,95	88,89	86,67	86,67	75	90	85,71	66,67	60	84,62	0										
II-6	52,38	34,18	39,47	48,65	50	52,94	48,39	41,03	40	95,46	95,35	64,71	82,61	0									
II-8	75	90	83,78	88,57	79,31	86,21	91,3	94,87	95,12	60	50	83,33	71,43	91,11	0								
II-10	90,91	94,74	94,29	93,94	92,59	92,59	90,48	94,6	94,87	33,33	0	80	60	95,35	50	0							
III-3	90,91	94,74	94,29	93,94	92,59	92,59	90,48	94,6	94,87	33,33	0	80	60	95,35	50	0	0						
III-4	62,16	69,81	52	79,17	52,38	71,43	61,11	53,85	59,26	88,89	88,24	68	80	68,97	78,95	88,24	88,24	0					
III-5	72,97	69,81	68	70,83	66,67	57,14	66,67	53,85	66,67	77,78	88,24	68	90	72,41	89,47	88,24	88,24	56,25	0				
III-6	82,61	94,87	88,89	88,24	85,71	85,71	81,82	89,47	90	50	33,33	63,64	66,67	90,91	60	33,33	88,89	77,78	0				
III-8	68,42	66,67	60,78	75,51	72,09	62,79	72,97	62,26	60	89,47	88,89	61,54	80,59	72,88	90	88,89	88,89	39,39	51,52	89,47	0		
III-9	90,91	94,74	94,29	93,94	92,59	92,59	90,48	94,6	94,87	33,33	0	80	60	95,35	50	0	88,24	88,24	33,33	88,89	0		
III-10	53,57	50	47,83	64,18	60,66	57,38	63,64	49,3	50,69	94,6	94,44	68,18	89,74	45,46	84,21	94,44	94,44	56,86	56,86	89,19	38,46		
	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	II-1	II-2	II-3	II-4	II-6	II-8	II-10	III-3	III-4	III-5	III-6	III-8	III-9	III-10

Tableau 42: matrice de similarité entre les génotypes du *Tamarix* étudiés par la méthode Neighbor Joining (chiffres en rouge: accessions plus éloignées, chiffres en noir: accessions éloignées et chiffres en bleu: accessions plus proches)

VIII.2 Résultats et discussion

Les résultats obtenus nous ont permis de répartir les 23 génotypes étudiés en neuf groupes bien distincts; à un seuil de dissimilarité de 50% selon le dendrogramme élaboré par le logiciel TreeCon for windows (**Figure 68**):

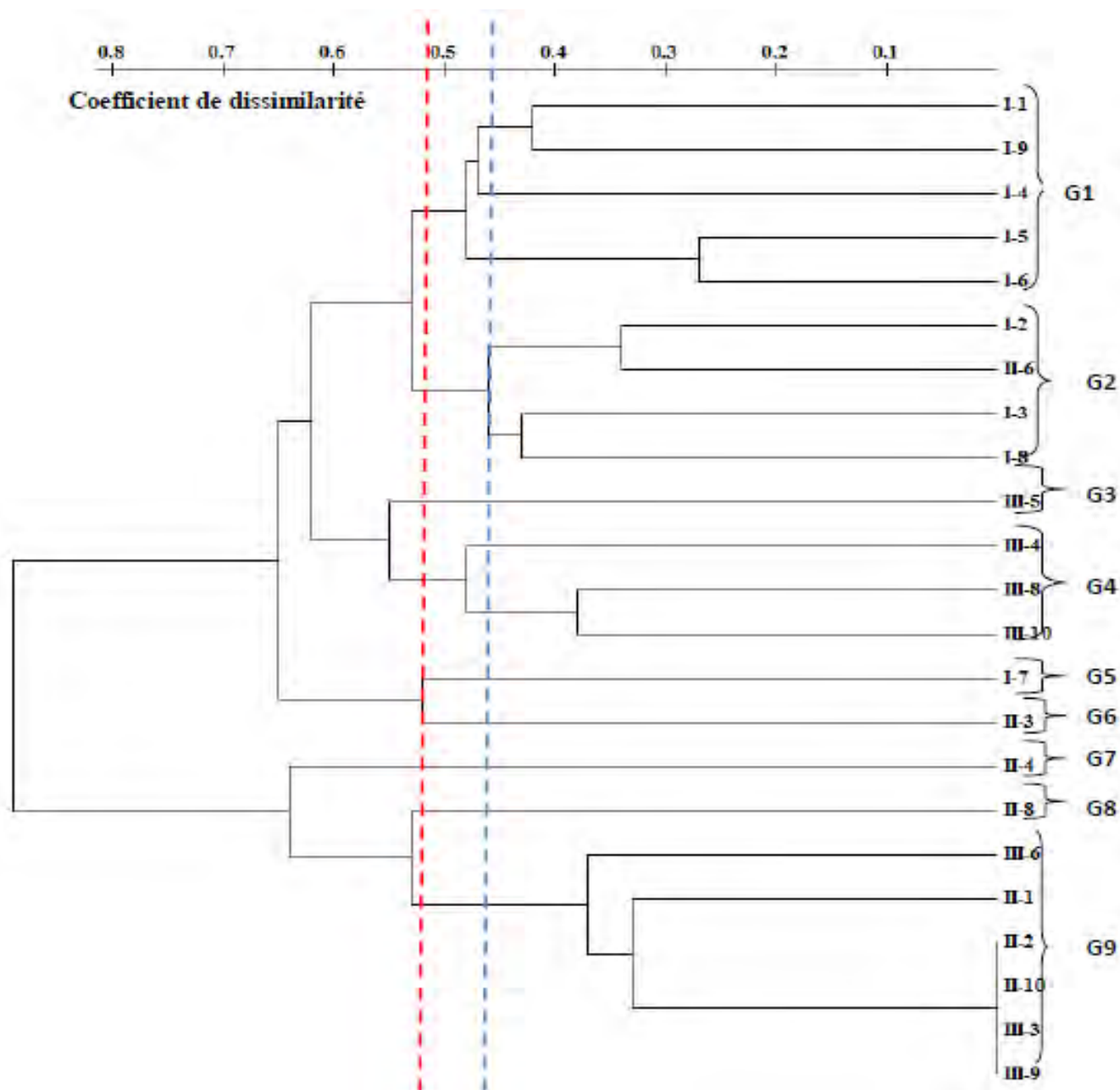


Figure 70: Dendrogramme représentant les distances génétiques existantes entre les génotypes étudiés, générées par les marqueurs SSR. (Basé sur le coefficient de dissimilarité par la méthode Neighbor Joining (NJ)). Les groupes formés (de G1 à G9) sont indiqués à droite de la figure. La ligne discontinue verticale en rouge indique le point repère de la séparation des groupes au seuil de 50% et la ligne discontinue verticale en bleu indique le point repère de la séparation des groupes au seuil de 45%.

- *Le 1er groupe (G1)*: comporte les accessions: I-1; I-9; I-4, I-5 et I-6, appartenant toutes au site I et qui peuvent être subdivisées en 3 sous groupes à un seuil 45% de dissimilarité.

* Le 1^{er} sous groupe comporte les accessions I-1 et I-9 avec un coefficient de dissimilarité et de 42,37

* Le second comporte l'accession I-4 seul et le 3^{ème} sous groupe comporte I-5 et I-6 qui sont plus proches avec un coefficient de 26,92 . Toutes ces accessions sont génétiquement proches, la subdivision de ce groupe en trois sous groupe on peut l'expliqué par l'effet du milieu dans il se trouvent les génotypes où quelques uns sont émergés dans l'eau salée du chott et d'autres génotypes sont peut éloignés, comme il peut s'agit des sous espèces du *Tamarix gallica* L.

- *Le 2ème groupe (G2)*: comporte les accessions I-2, I-3, I-8 et II-6 qui peuvent être aussi subdivisées en 2 sous groupes; le 1^{er} sous groupe I-2 et II-6 avec un coefficient de 34,18 et le 2^{ème} sous groupe I-3 et I-8 avec un coefficient de 42,86, ce rapprochement génétique s'explique par le fait que ces accessions ont la même adaptation , même hauteur , même ramification des rameaux et même date de floraison ce qui nous laissons pensé qu'il s'agit des génotypes du *Tamarix chottica* Trab. qui caractérise ces milieux (Quezel, 1963).

- *Le 3^{ème} groupe (G3)*: comporte uniquement l'accession III-5 cela veut indique qu'il s'agit d'une espèces tout a fait différente.

- *Le 4ème groupe (G4)*: comporte les accessions III-4, III-8 et III-10 dont l'accession III-4 constitue un 1^{er} sous groupe alors que les accessions III-8 et III-10 constituent un 2^{ème} sous groupe se rapprochement peut nous permet de juger que ces accessions appartiennent au *Tamarix parviflora* Ehrenb.

- *Le 5^{ème} groupe (G5)*: comporte uniquement l'accession I-7

- *Le 6^{ème} groupe (G6)*: comporte uniquement l'accession II-3

- *Le 7^{ème} groupe (G7)*: comporte uniquement l'accession II-4

- *Le 8^{ème} groupe (G8)*: comporte uniquement l'accession II-8

Concernant les groupes de G5 à G8 qui sont représentés par un seule accession chacun, cela veut dire que chaque accession représente une espèce bien distincte des autres

- *Le 9^{ème} groupe (G9)*: comporte les accessions III-6, II-1, II-8, II-10, III-3 et III-9 dont les 4 dernières sont étroitement liées malgré que les deux sites II et III sont éloignés plus de 120 Km chacun de l'autre , probablement, il s'agit de la même accession de *Tamarix africana* Poir. qui est multipliée végétativement dans les deux sites.

VIII.3. Conclusion

Les résultats obtenus nous ont permis de confirmer le polymorphisme phénotypique chez le *Tamarix* qui est un problème majeur devant les botanistes pour la classification des espèces et des sous espèces de ce genre, où nous avons remarqué que les accessions étudiées sont très éloignées génétiquement car dans la plupart des cas les coefficients de dissimilarité sont supérieurs à 50% ce qui explique un grand polymorphisme génétique inter et intra spécifique chez le *Tamarix*. Cependant, nous avons trouvé des accessions qui sont plus proches malgré l'éloignement entre eux, comme dans le cas du groupe 9, ce qui écarte l'effet du milieu sur le polymorphisme dans ce cas. Il faut signaler que l'interprétation de quelques cas de séparation et/ou de rapprochement génétique restent fortement discutée.

En guise de perspective, et grâce aux progrès du génie génétique, les *Tamarix* pourront avoir, sans doute, une meilleure caractérisation de leur structure génétique. C'est pourquoi, il est impératif de recourir à des méthodes d'investigation génétiques plus pointues, allant de l'utilisation de marqueurs plus spécifiques, jusqu'à l'identification, le séquençage et le transfert de gènes d'intérêt.

Ainsi, et en impliquant des effectifs de génotypes plus représentatifs, on arrivera, à terme, à obtenir le maximum d'informations génétiques, aboutissant à une meilleure gestion et une plus grande valorisation de cette ressource phyto-génétique que sont les plantes de forme arbustives du genre *Tamarix* dont l'importance deviendra importante dans la restauration des écosystèmes arides et hyperarides très déséquilibrés dont ce genre trouve refuge.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

L'étude du milieu physique nous a reflété que la zone d'étude représente une différence très importante entre les trois sites étudiés, du point de vue du relief, édaphique et 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.

L'analyse des données climatique nous 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 stations 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).

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 ensembles 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 attenant 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 dépassent la valeur de 8.5 ainsi la salinité qui dépasse les 64 g/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'exploité 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.

En matière de la richesse floristique les groupements à *Tamarix* représentent une diversité importante qui varie entre 115 espèces reparties 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 reparties 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.

Les résultats obtenus suite à l'exposition des boutures de *Tamarix sp* à différentes doses de NaCl, nous montrent que le *Tamarix sp* peut être considérée comme une plante hyper tolérante au stress salin car elle a pu continuer à croître en longueur en résistant à des doses arrivant à plus de 64g/l de NaCl, avec la non signification de l'accumulation de proline qui peut être utilisée sous d'autres formes de tolérance probablement comme un antioxydant pour éviter la contrainte salin, cette activité intense de synthèse est justifiée par les taux élevés des deux acides nucléiques l'ADN et l'ARN.

Ces résultats nous permettent de proposer l'exposition des jeunes plants après leur plantation à des doses élevées du sel pendant une période pour permettre leur croissance rapide dans les milieux arides salins.

les résultats de dosage de métabolites primaires à savoir : la chlorophylle (a+b), les sucres totaux, la proline, les protéines totales, et la quantification les acides nucléiques : l'AND et l'ARN, dans la partie aérienne du *Tamarix sp*. qu'est faite par la spectrophotométrie optique, révèlent un rendement important de différents paramètres étudiés dans les trois sites, mais il reste significativement lié au milieu.

Les résultats de la quantification des métabolites secondaires obtenus montrent que:

- En matière de rendement en extraits secs est de 4,944 % à Garat El Taref, 1.87% à Ouazerne et le plus faible rendement à Oued El Arab avec 0.98%;
- Les quantités de poly phénols obtenues sont : 132mg/1g Ouazerne, 120mg/1g à Garat El Taref et la plus faible quantité à Oued El Arab avec 100mg/1g;
- Les quantités des flavonoïdes obtenues sont de 90.168mg/1g Ouezerne, 45.05mg/1g à Oued El Arab et la plus faible quantité est celle de Garat El taref avec 11.7mg/1g.

L'analyse qualitative des poly phénols et des Flavonoïdes avec la chromatographie à couche mince a révélé que les flavonoïdes sont composés en majeure partie de flavonols, Anthocyanidine 3-glycosides, et les phénols simples.

L'activité microbienne de ces composés à montrer une variabilité importante entre l'extrait des différents sites et les espèces pathogènes où l'activité la plus intense est observée chez l'extrait d'Ouzerne sur *Staphylococcus aureus* qu'est une bactérie à Gram⁺ avec un rayon d'inhibition de 18.3 mm pendant 24 heures.

L'analyse statistique des données par ANOVA à un critère contrôlé a révélé un effet du milieu très hautement significatif sur la quantité, la qualité et l'activité antimicrobienne des flavonoïdes du *Tamarix sp.*

La détermination du polymorphisme génétique chez le *Tamarix sp* en utilisant la technique du Marqueur moléculaire PCR-SSR (Short Sequences Repeat) confirme le polymorphisme phénotypique chez le *Tamarix* qu'est un problème majeur devant les botanistes pour la classification des espèces et des sous espèces de ce genre, où nous avons remarqué que les accessions étudiées sont très éloignées génétiquement car dans la plupart des cas les coefficients de dissimilarité sont supérieurs à 50% ce qui explique un grand polymorphisme génétique inter et intra spécifique chez le *Tamarix*. Cependant, nous avons trouvé des accessions qui sont plus proches malgré l'éloignement entre eux, comme dans le cas du groupe 9, ce qui écarte l'effet du milieu sur le polymorphisme dans ce cas. Il faut signaler que l'interprétation de quelques cas de séparation et/ou de rapprochement génétique restent fortement à discutée.

En guise de perspectives, et grâce aux progrès du génie génétique, les *Tamarix* pourront avoir, sans doute, une meilleure caractérisation de leur structure génétique. C'est pourquoi, il est impératif de recourir à des méthodes d'investigation génétiques plus pointues, allant de l'utilisation de marqueurs plus spécifiques, jusqu'à l'identification, le séquençage et le transfert de gènes d'intérêt.

Ainsi, et en impliquant des effectifs de génotypes plus représentatifs, on arrivera, à terme, à obtenir le maximum d'informations génétiques, aboutissant à une meilleur gestion et une plus grande valorisation de cette ressource phyto-génétique que sont les plantes de forme arbustives du genre *Tamarix* dont l'importance deviendra importante dans la restauration des écosystèmes arides et hyperarides très déséquilibrés dont ce genre trouve refuge.

Comme nous mettons l'accent sur l'orientation des recherches vers:

- La déterminer de substances bioactives naturelles pourront répondre aux différents problèmes de la santé et d'être un alternatif des médicaments synthétiques.
- La réalisation des études approfondies et complémentaires de l'activité antibactérienne des composés poly phénoliques en général et des flavonoïdes en particulier.
- l'encouragement de l'utilisation des espèces du *Tamarix* dans les programmes de mise en valeur des parcours sahariens et présahariens les plus dégradés où le phénomène devient par fois irréversible

BIBLIOGRAPHIE

I- References

1. **Aidoud A. 1997**, Fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. Conférences 3, Alger, 50 p.
2. **Ait Kaki Y. 1993**. Contribution a l'étude des mécanismes morphophysiologiques et biochimiques de tolérance au stress hydrique sur 5 variétés de Blé dur (*Triticum durum* DESF). Thèse de Magistère, Université de Annaba, 110p.
3. **Alkurd A., Hamed T. R., Al-Sayyed H., 2008**. Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* 4: 265 - 274.
4. **Allred, K.W. 2002**, Identification and taxonomy of *Tamarix* (*Tamaricaceae*) in New Mexico, (USA) *Desert Plants* 18:26-32.
5. **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.
6. **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.
7. **Anonyme, 2009**, CENEAP, plan d'aménagement et de développement durable de la wilaya de khenchela phase N°1 : rapport N°2 Evaluation territoriale « Bilan critique-problématique d'aménagement »
8. **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.
9. **Anonyme, 2004**, 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^a**, Carte géologique de l'Algérie « Garat El Taref » au 1/50000, SONATRACH, Division hydrocarbures, Direction exploration, Algérie
12. **Anonyme. 1973^b**, Notice explicative de la carte géologique de la Wilaya de Khenchela au 1/50000, SONATRACH, Division hydrocarbures, Direction exploration, 13p
13. **Anonyme, 1960^a**, la carte topographique au 1/50000 de Ouazerne, feuille N°324, B-14, C-28, édition 1960, Institut de géographie, Paris.
14. **Anonyme, 1960^b**, la carte topographique au 1/50000 de Djehfa, feuille N°322, B-14, C-28, édition 1960, Institut de géographie, Paris.

15. **Arbaoui M., Benkhelifa M. et Belkhodja M., 2000.** Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. Option méditerranéenne. pp. 267- 270.
16. **Arlery R. 1973,** Climatologie méthode et pratique, Edition, Louis Jean, Paris, 432p.
17. **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.
18. **Baize D. 2000,** Guide des analyses en pédologie : choix, expression, présentation, interprétation. INRA. Paris. 625p.
19. **Baker, H. G. 1972,** Seed weight in relation to environment conditions in California, ecol. 53 (6), 997- 1010.
20. **Balentine, C.W., Crandall, P.G., O'Bryan, C.A., Duong, D.Q., Pohlman, F.W. 2006.** The pre- and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and color during storage of ground beef. *Meat Science*. **73**: 413-421.
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. **Ben Khaled A., Morte Gomez A., Honrubia M., Oihabi A. 2003:** Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. *Agronomie*. (23) 7 : 553-560.
24. **Bellinger Y., Larher F. 1987.** Proline accumulation in higher plants : a redox buffer. *Plant Physiol*,6:23-27.
25. **Beta T, Nam S, Dexter J. E.Sapirstein HD.2005,** phenolic Content and Antiooxidant Activity of Pearled Wheat and Roller-Milled Fractions. *Cereal Chem*. 82(4),390-393.
26. **Bichara M, Wagner J, and Lambert I. (2006)** {Mechanisms of tandem repeat instability in bacteria}. *Mutat Res*. 598:144-163.
27. **Bikbulatova T. N. et Korul'kina L. M., 2001.** Chemistry of Natural hokenakeri and *Tamarix ramosissim* Compounds (37): 216-218.
28. **Blair, M.W., O. Panaud and S.R. McCouch. (1999).** Inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification for analysis of microsatellite motif frequency and fingerprinting in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet*. 98:780-792.
29. **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.

30. **Bonnier. M. 1991**, Les marais de la région de Rue (80). Excursion botanique du 17 juin 1990. Bull. Soc. Linn. Nord-Picardie, 186p.
31. **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
32. **Bousba R., Ykhlef N. et Djekoun A. 2009**. Water use efficiency and flag leaf photosynthetic response to water deficit of durum wheat (*Triticum durum Desf*). *World Journal of Agricultural Sciences* 5. 5: 609 -616 p.
33. **Boyer JC, Yamada NA, Roques CN, Hatch SB, Riess K, and Farber RA. 2002**. Sequence dependent instability of mononucleotide microsatellites in cultured mismatch repair proficient and deficient mammalian cells. *Hum Mol Genet.* 11:707--713.
34. **Braun-Blanquet, J. 1932**, Plant sociology. The study of plant communities, McGraw-HILL Book Company, Inc., New York, p407.
35. **Brotherson, J.D. and V. Winkel. 1986**. Habitat relationships of saltcedar (*Tamarix ramosissima*) in central Utah. *Great Basin Nat.* 46:535-541.
36. **Brotherson, J.D. and D. Field. 1987**. *Tamarix*: impacts of a successful weed. *Rangelands, New Mexico* 3:110-112.
37. **Bruneton J. 1999**. Pharmacognosie, Phyttochimie, Plantes médicinales, (3^{ème} éd). Paris : Edition médicinales internationales. Editions Tec+Doc Lavoisier. 1120p.
38. **Bruneton J, 1993**. Pharmacognosie et phytochimie plantes médicinales. Paris, France: Lavoisier. 278 - 279p.
39. **Busch, D.E. and S.D. Smith. 1993**. Effects of fire on water and salinity relationships of riparian woody taxa. *Oecologia* 94:186-194.
40. **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.
41. **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.
42. **Chunyang L., Kaiyun W. 2003**. Differences in drought responses of three contrasting Eucalyptus microtheca. F. Muell. Populations. Uni of Helsinki. Finland. *Forest Ecology and Management*, 179 : 377-385.
43. **Campbell et al. 1975**, Chloride localization in the leaf of *Tamarix*. *Protoplasma* 83:1-14.
44. **Capderou M. 1985**, Atlas solaire de l'Algérie « aspect énergétique » tome II, OPU, Alger, 512p.

45. **Crins, W.J. 1989**, the *Tamaricaceae* in the Southeastern United States. *J. Arboretum* 70:403-425.
46. **Crowan M. M. 1999**, Plant products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12(4), 564-582.
47. **Curtis E. S, 2006**, Saltcedar (*Tamarix*) Physiology - a Primer Colorado State University Cooperative Extension.
48. **Daget. Ph, 1968**, quelques remarques sur les distributions de fréquences dans les phytocénoses, *Oecol.Plant.*, 312p.
49. **Dajoz R. 1996**, Précis d'écologie 2^{ème} et 3^{ème} cycles universitaires. Edit Dunod. Paris, 551p.
50. **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.
51. **Demelon A. 1986**, Croissance des végétaux cultivés. Tome 2. 6^{ème} , Dunod, 546p.
52. **Delpech, R. 2006**, Méthodes pratiques de la phytosociologie, Masson, Paris 320p.
53. **Depoërs, P. 2002**, La phytothérapie entre science et tradition, éditions Amarys et Inspir, Bruxelles, Belgique, 615p.
54. **De Vienne D, Santoni S. 1998**. Les principales sources de marqueurs moléculaires. In : De Vienne D, ed. *Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales*. Paris : INRA Éditions, : 15-47.
55. **Diallo. I. 2002**. Etude de la biologie de la variabilité génétique chez le jujubier .Thèse de doctorat de troisième cycle de biologie végétale. Université Cheikh AntaDiop de Dakkar.P. 36
56. **Dib T.A., Monneveux P., Araus J.L. 1992**. Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur.II : caractères physiologiques d'adaptation. *Agronomie*, 12 : 381-393.
57. **DiTomaso J. M. 1996**, Identification, Biology and Ecology of Saltcedar, Saltcedar Management Workshop, Cooperative Extension Non-Crop Weed Ecologist University of California, Davis, CA.
58. **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.
59. **Djebaili. S. 1984**, steppe algérienne, phytosociologie et écologie, OPU, Alger, 177p
60. **Dominique Mingeot, Bernard Watillon, 2005**. Authentification variétale par marqueurs moléculaires. Département de Biotechnologie

61. **Droesbeke J. J. 1988**, éléments de statistiques, OPU, Alger, 100p.
62. **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.
63. **Ellegren H. (2004)** Microsatellites: simple sequences with complex evolution. *Nat Rev Genet.* 5:435--445.
64. **El Midaoui M., Benbella M., Aït Houssa A., 2007.** contribution a l'étude de quelques mécanismes d'adaptation a la salinité chez le tournesol cultive (*Helianthus annuus L.*), *Revue HTE (136)* :29-34.
65. **Emsalem. R. 1989**, Climatologie générale, tome I, édition ENL, Alger, 487p.
66. **Escourrou. G. 1981**, climat et environnement « les facteurs locaux, collection géographie, Masson, Paris, 167p.
67. **Fahn, A. 1988.** *Tansley Review No. 14. Secretory tissues in vascular plants. New Phytol* 108:229-257.
68. **Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., 2005.** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. *Presses polytechniques et universitaires romandes* pp 121-216.
69. **Fouché J. G., Marquet A. et Hambuckers A.2000**, les plantes médicinales, de la plante au médicament Observatoire du Monde des Plantes Sart-Tilaman.
70. **Fournier F. 1967**, La recherche en érosion et conservation des sols dans le continent africain. *Sols Africains, London, XII, 1* : 5-51.
71. **Gàbor M, Cody V, Middleton E J, Harborne J B, Beretz A, Liss A R, 1988.** *Plants Flavonoids in biology and Medecine II; Biochemical, Cellular and Medecinal properties. New York, 1-15 p.*
72. **Gangoué piéboji, J. 2007.** caractérisation des beta-lactamases et leur inhibition par les extraits de plantes médicinales. Thèse de doctorat. Liège.
73. **Gaskin, J. F., Adam S. Birken and David J. Cooper. 2012.** Levels of novel hybridization in the saltcedar invasion compared over seven decades. *Biological Invasions.* 14 (3): 693-699.
74. **Gaskin, J.F. and B.A. Schaal 2003.** Molecular phylogenetic investigation of invasive *Tamarix* in the U.S.A. *Syst. Bot.* 28(1):86-95.
75. **Gaume. E. 2002**, Hydrologie de versants et de bassins versants et modélisation pluie-débit, Edition, Ecole nationale des ponts et chaussées, France, 71 p.
76. **Ghachi. A., 1982**, Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie, Edition, Office des publications universitaires. Alger, 330 p.

77. **Gounot M. 1969**, Méthodes d'études qualitatives de la végétation. Edition Masson. Paris, 314p.
78. **Hadeid M. 2006**, Les mutations spatiales et sociales d'un espace à caractère steppique, le cas des Hautes Plaines sudoranaïses(Algérie), Thèse de Doctorat d'Etat en Géographie, Université d'Oran Es-Sénia, 506 p.
79. **Hadi M. 2004**, la quercétine et ses dérivés: molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en science de l'Université Louis Pasteur Domaine : Pharmacochimie. 155p.
80. **Halimi. A. 1981**, L'atlas blidéen "climat et étages végétaux", OPU, Alger, 623p.
81. **Harbone J B, 1967**. Comparative biochemistry of the flavonoides. Academic press. New York, 1-130 p
82. **Harfe BD, and Jinks-Robertson S. 2000**. DNA mismatch repair and genetic instability. *Annu Rev Genet.* 34:359-399.
83. **Harfe BD, Minesinger BK, and Jinks-Robertson S. (2000)** Discrete in vivo roles for the MutL homologs Mlh2p and Mlh3p in the removal of frameshift intermediates in budding yeast. *Curr Biol.* 10:145-148.
84. **Hawker J.S., Jenner C.F., Neimietz C.M. 1991**. Sugar metabolism and compartmentation. *Aust. J. Plant Physiol*, 18 :277-273.
85. **Henderson ST, and Petes TD. 1992**. Instability of simple sequence DNA in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol Cell Biol.* 12:2749-2757.
86. **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]
87. **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.
88. **Jarne P. 2012**. Quelques caractéristiques des microsatellites : définition, densité et structure. CEFE – Montpellier
89. **Jenny. K. 2008**. Caractérisation et validation des marqueurs microsatellites multi locus répétés en tandem EmsB pour la recherche de polymorphisme génétique chez *Echnococcus multilocularis*. Thèse pour obtenir un grade de docteur en science de la vie et de la santé, Université Franche-Comté de Besançon. P58.
90. **Jessop J.P. et Toelken H.R. 1986**, Flora of South Australia.

91. **John C, Jean François Arnaud.** (2006). L'histoire de l'écologie moléculaire. Laboratoire de génétique et évolution des populations végétales. Université de Lille. P 31.
92. **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]
93. **Joseph M. DiTomaso,** 1996, Identification, Biology and Ecology of Saltcedar Cooperative Extension Non-Crop Weed Ecologist, University of California, Davis, CA
94. **Jutiviboonsuk A., Zhang H., Tan T.G., Ma C., Van Hung N., Cuong N.M., Bunyapraphatsara N., Soejarto D D., Fong H H S.,** 2005. Bioactive constituents from roots of *Bursera tonkinensis*. *Phytochemistry* 66: 2745 - 2751.
95. **Kang S, Ohshima K, Shimizu M, Amirhaeri S, and Wells RD.** 1995. Pausing of DNA synthesis in vitro at specific loci in CTG and CGG triplet repeats from human hereditary disease genes. *J Biol Chem.* 270:27014-27021.
96. **Khabtane A., Rahmoune C., Ben Nacer M., Rabaoui S., Aouidane E. et Kadi K;** 2014, Determination of the Effect of the Environment on the Genetic Polymorphism In the Genus of *Tamarix* Using the Molecular Marker (Simple Sequence Repeats "PCR-SSR" (In Arid Areas of the Khenchela Region (Eastern of Algeria), *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*, (2014) Volume 16, No 2, pp 1-10
97. **Khabtane A. et Rahmoune C.** 2012, Effet du biotope sur la diversité floristique et le polymorphisme phénotypique des groupements à *Tamarix africana* Poir. dans les zones arides de la région de Khenchele (Est Algérien), *Journal of Agriculture and Environment for International Development - JAEID* 106 (2): 123-137. 2012
98. **Khabthane. A. H. et Rahmoune C.** 2010, Contribution à l'étude du comportement écophysiological du genre *Tamarix* dans différents biotopes des zones arides de la région de Khenchela, thèse magister en écologie végétale, Université de Constantine, 160 p.
99. **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.
100. **Khan M.A., Shirazi M.U., Ali Khan M., Mujtaba S.M., Islam E., Mumtaz S., Shereen A., Yasin Ashraf M.,** 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot.*, (41): 633- 638.
101. **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.

102. **Kim J Y., Lim H J., Lee D Y., Kim D H., Jeon R., Ryu J H., 2009.** In vitro anti-inflammatory activity of lignans isolated from *Magnolia fargessii*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 19: 937 -940.
103. **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.
104. **Kroutil LC, Register K, Bebenek K, and Kunkel TA. 1996.** Exonucleolytic proofreading during replication of repetitive DNA. *Biochemistry.* 35:1046-1053.
105. **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.
106. **Leonard J.M, Bollmann SR, and Hays JB. (2003).** Reduction of stability of arabidopsis genomic and transgenic DNA-repeat sequences (microsatellites) by inactivation of AtMSH2 mismatch- repair function. *Plant Physiol.* 133:328-338.
107. **Lima C A., Britoc A R M S, Vilegas W., 2005.** Flavonoids and antiulcerogenic activity from *Byrsonima crassa* leaves extracts. *Journal of Ethnopharmacology*
108. **Loretti E., De Bellis L., Alpi A. & Perata P. 2001.** Why and how do plant cells sense sugars? *Ann Bot* 88 :803 - 812 p.
109. **Lugasi A, Hovari J, Sagi K.V. et Biro L. (2003)** The role of antioxidant phytonutrients In the prevention of diseases. *Acta Biologica Szegediensis.*47(1-4), 119-125.
110. **Mâalem S., Khoufi S., Rahmoune C. and Bennaceur M..** Preliminary molecular analysis of the genetic diversity of some *Atriplex* species present in the Northeast of Algerian, *African Journal of Biotechnology.* 11(43):10063-10069. 2012.
111. **Maizi. T. 1999,** Etude statistique de la pluviométrie du bassin versant de Garat El Taref, Direction de l'hydraulique d'Oum El Bouaghi, 26p
112. **Manach C., Scalbert A., Morand C., Jiménez L., 2004.** Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition* 79:727 - 747.
113. **Merabet H. 2003,** Dictionnaire de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Edition RERTT. Paris, 119p
114. **Matthew J. H. et al. . 2008.** Multiplex-Ready PCR: A new method for multiplexed SSR and SNP genotyping, *BMC Genomics,* 9 (80): 1471-2164.
115. **Maurer DJ, O'Callaghan BL, and Livingston DM. 1996.** Orientation dependence of trinucleotide CAG repeat instability in *Saccharomyces cerevisiae*. *Mol Cell Biol.* 16:6617- 6622

- 116. Médie-sarie M, Jasprica I, Smolcie-Bubalo A. Et Mornar A. 2003.** Optimization of chromatographic Conditions in Thin Layer Chromatography of Flavonoids and Phenolic Acids. *Croatian Chemica Acta*. 77(1-2), 361-366.
- 117. McDaniel. K. C. 2007,** Salt cedar Information, Department of animal range and sciences, New Mexico state University. 44p.
- 118. Milane, H., (2004)** La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat. Strasbourg.
- 119. Milcent R., Chau F. 2003.** Chimie organique hétérocyclique. Ed. EDP, France, 325p.
- 120. Monneveux Ph. Nemmar M. 1986.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L) *Aust. J. Agric. Res.* 30, 587-595.
- 121. Morgant e M., Olivieri AM. (1993).** PCR-amplified microsatellites as markers in plant genetics. *Plant J.* 3 (1), p. 175-182.
- 122. Musy A., 2001,** Hydrologie générale, Edition, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 330p.
- 123. Nelroy E. Jackson, 1996,** Chemical Control of Saltcedar (*Tamarix ramosissima*), Saltcedar Management Workshop, The Agricultural Group, Monsanto Company
- 124. Nostro A., Germano M.p., D'Angelo V., Marino A et Cannatelli M.a. 2000,** Extraction methods and bioautography for evaluation of medicinal plant antimicrobial activity, *Lettres en microbiologie appliquée*. 30(5), p379.
- 125. Nouri. L 2002.** Ajustement osmotique et maintien de l'activité photosynthétique chez le blé dur (*Triticum durum*, Desf.), en conditions de déficit hydrique. Thèse de Magister en Biologie végétale ; 135p.
- 126. Ottow E., Brinker M., Fritz E., Teichmann T., Kaiser W., Brosche M., Kangasjarvi J., Jiang X. et Polle A., 2005.** *Populus euphratica* Displays Apoplastic Sodium Accumulation, Osmotic Adjustment by Decreases in Calcium and Soluble Carbohydrates, and Develops Leaf Succulence under Salt Stress. *Plant Physiology*, (139): 1762-1772.
- 127. Ozenda, P. 1991,** Flore et végétation du Sahara, 3eme édition, CNRS éditions, Paris, 660p.
- 128. Philippe A. 2007,** La gemmothérapie « médecine des bourgeons, douce alternative » éditions Amyris, Belgique, 208p.
- 129. Pontoppidan, A. 2004,** Le tamaris et l'olivier de Bohême, Arles (Bouches-du-Rhône) : Actes Sud, France, 582p.

130. **Psotova J, Lasovsky J. et Vicar J. (2003)**, Metal-chelating Properties, Electrochemical Behavior. Scavenging And Cytoprotective Activities Of Six Natural Phenolic. *Biomed, Papers*147(2), 147-153.
131. **Quezel P. 1964**. Contribution à L'étude de L'endémisme chez les phanérogames Sahariens, pp, 89- 100.
132. **Quezel P. et Santa S. 1962**, Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales. CNRS.T. I.565p.
133. **Rahmoune C., Maalem S., Redjeb F., Hioum S., Bennaceur M. 2002**. Physiological and biochemical responses of two precocious varieties of wheat to phosphate rock and TPS fertilisation in semi arid land. XIV IPNC, Hannover, 27 July-03 Auguste 2001, 3p.
134. **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.
135. **Rijke, E., Out P., Niessen, W. M.A., Ariese, F., Gooijer, C., Brinkman, U.A.T. (2006)** Analytical separation and detection methods for flavonoids. *J Chromatography A*.1112:31-63
136. **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.
137. **Sakagami H., Hashimoto K., Suzuki F., Ogiwara T., Satoh K., Ito H., Hatano T., Takashi Y., Fujisawa S., 2005**. Molecular requirements of lignin-carbohydrate complexes for expression of unique biological activities. *Phytochemistry* 66: 2108 -
138. **Shan, B., Cai, Y.Z., Brooks, J.D., Corke , H. 2007**. The *in vitro* antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. *International J Food Microbiology*. 117: 112-
139. **Sia EA, Kokoska RJ, Dominska M, Greenwell P, and Petes TD. (1997)** Microsatellite instability in yeast: dependence on repeat unit size and DNA mismatch repair genes. *Mol Cell Biol*. 17:2851-2858
140. **Smai A. 1991**. Effet de l'humidité du milieu sur l'accumulation de la proline dans les tissus de blé pendant les premiers stades végétatifs. Thèse de DES en Biologie végétale, 51p.
141. **Smyth T; Ramachandran V. N.; Smyth W. F., 2009**. A study of the antimicrobial activity of selected naturally occurring and synthetic coumarins. *International journal of antimicrobial agents* 33: 421 - 426
142. **Stojic L, Brun R, and Jiricny J. (2004)** Mismatch repair and DNA damage signalling. *DNA Repair (Amst)*. 3:1091-1101.

143. **Strand M, Prolla TA, Liskay RM, and Petes TD.** (1993). Destabilization of tracts of simple repetitive DNA in yeast by mutations affecting DNA mismatch repair. *Nature*. 365:274--276.
144. **Strauss BS, Sagher D, and Acharya S.** (1997) Role of proofreading and mismatch repair in maintaining the stability of nucleotide repeats in DNA. *Nucleic Acids Res*. 25:806--813.
145. **Silvie. M. et al, 2004,** *Botanique"biologie et physiologie végétale*, Maloine, Paris, 775p.
146. **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].*
147. **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].
148. **Tran HT, Keen JD, Kricker M, Resnick MA, and Gordenin DA.** (1997) Hypermutability of homonucleotide runs in mismatch repair and DNA polymerase proofreading yeast mutants. *Mol Cell Biol*. 17:2859--2865.
149. **Tripoli E., Guardia M L Giammanco S. Di Majo D. Giammanco M., 2007.** Review Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: *Food chemistry* 104: 466 - 479
150. **Umar A, and Kunkel TA.** (1996) DNA-replication fidelity, mismatch repair and genome instability in cancer cells. *Eur J Biochem*. 238:297-307.
151. **Van de peer,V., et R. De Wachter, 1994.** TREECON for windows: a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment, 10(5):569-70. Departement Biochemie, Universiteit Antwerpen (UIA), Universiteis plein, Belgium.PubMed.
152. **Wang J, et Mazza G.(2002),** Effects of Anthocyanins and Other Phenolic Compounds on the Production of Tumor Necrosis Factor in the LPS/INF* μ -Activated RAW 264.7 Macrophages.*J Agric. Food Chem*. 50, 4183-4189.
153. **Waisel, Y, Eshel, A., and Kafkafi, U. 1996.** *Plant Roots: the hidden half*. Marcel Dekker, Inc. New York, pp.
154. **Waisel, Y. 1972,** *biology of halophytes*, academic press, New York, London.
155. **Wierdl M, Dominska M, and Petes TD.** (1997) Microsatellite instability in yeast: dependence on the length of the microsatellite. *Genetics*. 146:769--779.

156. **Wilgus, F. and K. L. Hamilton. 1962.** Germination of saltcedar seed. *Weeds* pp:332-333.
157. **Wihelm N. 1998,** botanique générale, traduction de la 10^{ème} édition allemande, 382 p.
158. **Wilken, D. H. 1993.** *Tamaricaceae*. P. 1080 in J. C. Hickman (ed). *The Jepson Manual*. Univ. California Press. Berkeley.
159. **Wilkinson, R.E. 1966.** Seasonal development of anatomical structures of saltcedar foliage. *Bot. Gaz.* Pp,231-234.
160. **Yamada M, Tsuji S, and Takahashi H. 2002.** Involvements of lysosomes in the pathogenesis of CAG repeat diseases. *Ann Neurol.* 52:498-503.
161. **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
162. **Zerrad W., Hillali S., Mataoui B., El Antri S. &Hmyene A. 2006.** Etude comparative des Mécanismes biochimiques et moléculaires de résistance au stress hydrique de deux variétés de Blé dur. *Biochimie, Substances naturelles et environnement. Congrès international de biochimie Agadir.*
163. **Zhang, H., Kong, B., Xiong, Y .L., Sun, X. (2009)** Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4 °C. *Meat Science.* 81: 686-692
164. **Zhu, J-K., 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plants. *An. Rev. of Plant Biol.* (53): 247- 73.
165. **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

- 2- [www.Caryophyllales repartition et caladogramme.htm](http://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](http://www.Electronic_flora_of_Egyptian_Western_Desert.htm)
- 9- [www.Fact sheet for Tamarix aphylla.htm](http://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](http://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_Shaal_99_(17)_11256_--_Proceedings_of_the_National_Academy_of_Sciences.htm)
- 15- [www.Image Gallery Results USDA PLANTS.htm](http://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](http://www.Invasive_org_-_Search_Results.htm)
- 18- [www.Issg Database Ecology of Tamarix ramosissima.htm](http://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](http://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](http://www.Texas_Invasives_-_Tamarix_aphylla.htm)
- 23- [www.The Wilhelmine E_ Key 2002 Invitational Lecture_ Phylogeography, Haplotype Trees, and Invasive Plant Species -- Schaal et al_ 94 \(3\) 197 -- Journal of Heredity.htm](http://www.The_Wilhelmine_E_Key_2002_Invitational_Lecture_Phylogeography,_Haplotype_Trees,_and_Invasive_Plant_Species_--_Shaal_et_al_94_(3)_197_--_Journal_of_Heredity.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-Mediated Solute Transport between the Vacuole and the Plasma Membrane -- Echeverría 123 (4) 1217 -- PLANT PHYSIOLOGY.htm)
- 32- www.W3TROPICOS SPECIES LIST.htm
- 33- www.Weeds of Barnes County.htm
- 34- www.botanique_org Tamarix.htm

KHABTANE abdelhamid

Thèse en vue de l'obtention du grade de: Doctorat en science

Filière: Biologie végétale

Option: Ecophysiologie et biotechnologie végétale

THEME

contribution a l'étude des caractères morphologiques, physiologiques et des marqueurs moléculaires pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique des espèces du genre Tamarix dans différents écotopes de la zone steppique de KHENCHELA (EST ALGERIEN)

RESUME

Dans ce travail nous avons essayé de mettre l'accent sur les caractères morphologiques, physiologiques et le marquage moléculaire pour l'évaluation du polymorphisme phénotypique et génétique chez l'espèce du genre *Tamarix* dans différents écotopes de la zone steppique de Khenchela (Est Algérien), où ce genre représente un intérêt important dans la réhabilitation des écosystèmes dégradés.

Les sites d'études sont choisis selon un transect Nord-Sud à travers la région dont les caractéristiques édaphiques, orographiques et climatiques sont extrêmement différents.

L'étude géologique et édaphique révèlent que les espèces du genre *Tamarix* occupent des différentes formations sur des substrats généralement alcalins et salés dans un climat semi aride à désertique.

L'étude bibliographique nous a montré que le genre *Tamarix* a un potentiel reproductif très important avec un système racinaire très adapté aux conditions de déficit hydrique comme il est utilisé en phytothérapie traditionnelle ou moderne en Europe.

L'analyse floristique et morfo-métrique nous a permis d'envisager la richesse floristique de groupement à *Tamarix* et d'avancer certaines hypothèses en relation avec le milieu.

L'évaluation de la résistance à la salinité a révélé que les boutures du *Tamarix* résistent à une dose de 64g/l de NaCl, concernant les résultats de l'accumulation de la proline, l'analyse statistique par ANOVA à un critère contrôlé montre qu'il n'existe pas une signification entre l'effet dose et accumulation de la proline. Par contre la quantité et la qualité des métabolites primaires et secondaires ainsi que l'effet bactéricide de ces derniers sont étroitement liés aux conditions du milieu.

L'étude de polymorphisme génétique chez les espèces du genre *Tamarix*, en utilisant le marqueur moléculaire de type SSR a montré que les accessions étudiées sont très éloignées car dans la plupart des cas des coefficients de dissimilarité sont supérieurs à 50% ce qui explique un grand polymorphisme génétique inter et intraspécifique chez le *Tamarix*.

Mots-clés : *Tamarix*, polymorphisme, marqueur PCR-SSR, métabolites primaires, métabolites secondaires, zone steppique, Khenchela

Devant le Jury

Président : Mr. ALATOU Djemel, Prof. Université des Frères Mentouri Constantine

Rapporteur : Mr RAHMOUNE Chaabane, Prof. Université des Frères Mentouri Constantine

Examineurs: -Mr. BENDERRADJI Mohamed El Habib, Prof. Université des Frères Mentouri Constantine

-Mr. BOUAZZA Mohamed, Prof. Université Aboubekr Belkaid, Telemcen

- Mr. BRINIS Louhichi, Prof. Université Badji Moukhtar, Annaba

- Mr. CHORFI Abdelmelek, Prof. Université El Hadj Lakhder, Batna

31 Mai 2015