

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE**

**Université Saad Dahlab - Blida I-  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie des Populations et Organismes**



**Mémoire de fin d'études  
En vue de l'obtention du Diplôme de Master  
En Biologie.  
Option : Biodiversité et Physiologie Végétale  
Laboratoire de Recherche en Biotechnologies, Environnements et Santé**

*Etude de la diversité génétique de quelques  
espèces d'Eucalyptus par l'utilisation des  
marqueurs morphologiques*

Présenté par :  
DJELLATO ABDELKADER

Date de Soutenance : 16/09/2018

Devant le jury :

- |                                |                           |             |              |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|--------------|
| - M <sup>me</sup> ZERKAOUI A.  | Maitre de assistante (A)  | <b>USDB</b> | Présidente   |
| - M <sup>me</sup> KEBBAS S.    | Maitre de conférences (B) | <b>USDB</b> | Examinatrice |
| - M <sup>me</sup> AMEDJKOUH H. | Maitre assistante (A)     | <b>USDB</b> | Promotrice   |

**Promotion 2017/2018**

## REMERCIEMENTS

Merci à Dieu de m'avoir donné la foi et de m'avoir guidé dans la prospection, pour la réalisation de ce travail.

Nous exprimons nos profonds remerciements et notre vive reconnaissance à M<sup>me</sup> AMEDJKOUH H., Maître assistante A. à la faculté de biologie Université de Blida I pour avoir encadrer et diriger ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle nous a accordé , nous a permis de réaliser ce travail.

J'adresse mes sincères remerciements aux membres du jury.

A M<sup>me</sup> ZERKAOUI A, Maitre assistante (A), à l'Université de Blida I, d'avoir accepter d'assurer la présidence du jury de ce mémoire.

A M<sup>me</sup> KEBBAS S, Maitre de conférences (B) à l'Université de Blida I d'avoir consacré une partie de son temps à examiner ce mémoire et l'enrichir par ces propositions

Nous tenons à exprimer également notre profonde reconnaissance à Mr. AFIR AREZKI et  
Mr.HIMRAN HOUCINE

Chercheurs à l'Institut National de la Recherche Forestières (INRF) pour leurs contributions à la réalisation de ce travail et leurs précieux conseils qu'ils trouvent ici nos sincères remerciements

Je remercie également M<sup>er</sup> SAID ingénieur du laboratoire de pédologie USDB I,  
Mr SAMIR chef de circonscription des forets Blida, et Mr ALOUCHE

En fin, que tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, trouvent ici nos remerciements les plus profonds.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents qui m'ont soutenu et aidé tout au long de mon*

*cursus universitaire,*

*A mes frères et ma sœur,*

*A mes très chère tantes et oncles,*

*A mes cousins et cousines*

*A ma promotrice Mme AMEDJKOUH qui m'a toujours soutenu.*

*Enfin à toute A tous mes amis et collègues*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail*

*soit réalisé.*

# RÉSUMÉ

Le présent travail est une contribution à l'étude de la diversité génétique de six espèces d'Eucalyptus (*Eucalyptus camadulensis*, *Eucalyptus rudis*, *Eucalyptus bosistoana*, *Eucalyptus gomphocephala*, *Eucalyptus blackelyi*, *Eucalyptus cladocalyx*), provenant du forêt de Bainem (Alger) et du parc national de Cherea (Blida), par la caractérisation morphologique des feuilles.

L'objectif de cette étude est d'évaluer la variabilité existante entre les espèces étudiées en se basant sur la description morphologique des feuilles des Eucalyptus par l'analyse univariable (biodiversité interspécifique et intraspécifique), et multivariable (Matrice de corrélation, Analyse des composantes principales).

Les résultats obtenus ont permis la réalisation du dendrogramme de la classification hiérarchique des six espèces d'Eucalyptus et des diagrammes d'ordination dérivé de l'analyse des composantes principales (ACP) et ont montré des différences phénotypiques fortement significatives entre les espèces étudiées.

## **Mots clés :**

Diversité génétique, Eucalyptus, morphologique, intra et inter-spécifique, dendrogramme, ACP.

## ملخص

هذا العمل هو مساهمة في دراسة التنوع الجيني لسنة أنواع من الأوكالبتوس (كامادولينسيس ، روديس ، بوسيستوانا ، غومبوسيفالفا ، بلاكلي ، كلادوكالكس) ، من غابة باينام (الجزائر) وحديقة الشريعة الوطنية (البلدية) عن طريق التوصيف المورفولوجي للأوراق.

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم التباين الموجود بين الأنواع المدروسة على أساس الوصف المورفولوجي لأوراق الأوكالبتوس بواسطة التحليل المتغير المتغير (التنوع البيولوجي بين النوعي والخصوصي)، ومتعدد المتغيرات (مصفوفة الارتباط، تحليل المكون الرئيسية).

النتائج التي تم الحصول عليها تحقيق رسم شجري من التصنيف الهرمي للأنواع الستة من الأوكالبتوس ومخططات الرسامة المستمدة من تحليل المكونات الرئيسية (PCA) وأظهرت اختلافات نمطية كبيرة جدا بين الأنواع المدروسة.

### كلمات البحث

التنوع الجيني، الأوكالبتوس، المورفولوجي، ضمن النوع وبين الأنواع، الدندوغرام ACP

# Abstract

The present work is a contribution to the study of the genetic diversity of six species of Eucalyptus (*Eucalyptus camadulensis*, *Eucalyptus rudis*, *Eucalyptus bosistoana*, *Eucalyptus gomphocephala*, *Eucalyptus blackelyi*, *Eucalyptus cladocalyx*), coming from Bainem Forest (Algiers). of Cherea National Park (Blida), by the morphological characterization of the leaves.

The objective of this study is to evaluate the variability existing between the studied species based on the morphological description of Eucalyptus leaves by univariate analysis (interspecific and intraspecific biodiversity), and multivariable (correlation matrix, component analysis main).

The results obtained the realization of the dendrogram of the hierarchical classification of the six species of Eucalyptus and the ordination diagrams derived from the principal components analysis (PCA) and showed strongly significant phenotypic differences between the species studied.

## **Keywords:**

genetic diversité, Eucalyptus, morphological, intraspecific and interspecific, dendrogram, ACP.

# Abréviation

**ACP** : Analyse des Composantes Principale.

**AlCl<sub>3</sub>**: Chlorure d'aluminium.

**ANOVA** : Analyse de la variance.

**APGIII** : Angiosperm Phylogeny Group III

**CE** : Conductivité Electrique

**CH<sub>3</sub>CN** : acétonitril.

**CH<sub>3</sub>COOH** : acide acétique.

**CH<sub>3</sub>OH** : méthanol.

**CV** : Coefficient de variation

**D.O** : Densité optique.

**E** : Eucalyptus

**FAO** : Food alimentary organisation.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : Eau oxygéné

**HCl** : acide chlorhydrique.

**I.N.R.F** : Institut National de la Recherche Forestiere.

**K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** : Bichromate de potassium.

**KMn O<sub>4</sub>** : Oxyde manganète de potassium.

**MO**: Matière Organique.

**ONM** : Office Nationl Météorologique.

**UPGMA**: Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean.

# Liste des Tableaux

<b>Tableau I</b> : Situation géographique des stations d'étude.....	13
<b>Tableau II</b> : Relevé des températures moyennes (Tmoy) mensuelles de l'année 2016/2017 en C° .....	annexes I
<b>Tableau III</b> : Relevé pluviométrique(P) de l'année 2016/2017 en mm.....	annexes I
<b>Tableau IV</b> : Résultats de l'analyse granulométrique des régions d'étude.....	28
<b>Tableau V</b> : Résultats des analyses physico-chimiques des quatre régions d'étude.....	29
<b>Tableau VI</b> : résultats d'analyse de l'étude morphométrique de la longueur des feuilles (LF) .....	annexe VI
<b>Tableau VII</b> : résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de la largeur des feuilles (lF).....	annexe VI
<b>Tableau VIII</b> : Résultats de l'analyse du rapport longueur/largeur des feuilles (Lf/lF).....	annexe VII
<b>Tableau IX</b> : Résultats de l'analyse de l'étude de la longueur des pétioles (LP).....	annexe VII
<b>Tableau X</b> : Résultats des analyses morphologiques de la longueur des feuilles (LF) des six espèces d'Eucalyptus.....	annexe VIII
<b>Tableau XI</b> : Résultats de l'analyse morphométrique de la largeur des feuilles (lF) des six espèces d'Eucalyptus .....	annexe IX
<b>Tableau XII</b> : Résultats des analyses morphométriques de la longueur / la largeur des feuilles (LF/ lF) des six espèces d'Eucalyptus.....	annexe X
<b>Tableau XI II</b> : Résultats des analyses morphométriques de la longueur des pétioles (LP) des six espèces d'Eucalyptus.....	annexe XI
<b>Tableau XIV</b> : Matrice de corrélation des différents paramètres étudiés.....	36
<b>Tableau XV</b> : L'inertie totale expliquée par les axes de l'ACP (pourcentage expliqué par les axes principaux) des valeurs propres.....	36
<b>Tableau XVI</b> : Matériel de laboratoire et appareillage.....	annexes III
<b>Tableau XVII</b> : Normes d'interprétation du pH eau.....	annexes IV
<b>Tableau XVIII</b> : Normes d'interprétations de la salinité totale (CE).....	annexes IV



**Tableau XIX** : Les normes d'interprétation du calcaire total.....annexesIV  
**Tableau XX** : Relation matière organique et les propriétés physiques du sol.....annexesIV  
**Tableau XIX** : la valeur de DDL et l'erreur pour test ANOVA.....annexes V

# Liste des Figures

<b>Figure 01</b> : aspect générale d'Eucalyptus.....	4
<b>Figure 02</b> : Répartition Eucalyptus cultivé dans le monde (FAO Map 2008).....	8
<b>Figure03</b> : Situation géographique des zones d'étude.....	14
<b>Figure 04</b> Morphologie des feuilles des six espèces étudiées.....	22
<b>Figure 05</b> :Diagrammes ombrothermique de Bagnols et Gausсен d'Alger.....	25
<b>Figure 06</b> : Diagrammes ombrothermique de Bagnols et Gausсен de Blida.....	25
<b>Figure 07</b> : Climagramme pluviométrique du quotient d'Emberger ( $Q_2$ ) des zones d'études...	27
<b>Figure08</b> : histogramme représenter les moyens résultats de l'analyse de l'étude morphométrique intra-spécifique.....	30
<b>Figure09</b> : histogramme représenter les moyens résultats de l'analyse de l'étude morphométrique inter-spécifique.....	33
<b>Figure 10</b> : Diagramme d'ordination des variables dérivées de l'ACP dans le plan de projection des axes 1et 2.....	37
<b>Figure 11</b> : Diagramme d'ordination dérivé de l'ACP dans le plan de projection des axes1-2.	38
<b>Figure 12</b> : Dendrogramme de la classification hiérarchique des sept e d'Eucalyptus selon les paramètres morpho métrique des feuilles.....	39
<b>Figure 13</b> : Triangle de démêlons.....	Annexe V

# Sommaire

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

## Partie bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur le genre Eucalyptus

I.1. Historique .....	2
I.2. Classification .....	2
I.3. Description Botanique .....	4
I.4. Description des différentes espèces étudiées .....	5
I -5. Mode de reproduction .....	6
I.6. Répartition dans le monde et en Algérie .....	7
I.7. Exigences écologiques.....	8

### La diversité génétique

I. 8. La diversité génétique .....	10
I.9. Les marqueurs biologiques .....	10
I.9.1. Les marqueurs morphologiques.....	10
I.9.2. Les marqueurs biochimiques .....	11
I.9.3. Marqueurs moléculaires.....	11

### Partie expérimentale

### Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Situation géographique.....	13
I.2. Etude pédoclimatique.....	14
I.2.1. Synthèse climatique.....	14
I.3.1. Etude pédologique.....	15
A) Echantillonnage du sol .....	15
B) Analyses physico-chimiques .....	16
*L'humidité .....	18
*La conductivité électrique (C.E).....	19
*Dosage du calcaire total .....	19
*Détermination de la matière organique .....	20
I.3. Etude de la diversité intra et inter spécifique par les marqueurs morphométriques.....	21

I.4. Analyses statistiques.....	23
---------------------------------	----

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

II.1. Résultats des données climatiques.....	25
II.1.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gossen.....	25
II.1.2. Quotient pluviométrique d'Emberger.....	26
II.2. Résultats de l'étude pédologique.....	28
II.2.1. la granulométrie.....	28
II.2.2. Résultats des analyses physico-chimiques.....	29
II.3. Résultats de l'étude morphométrique des feuilles d'Eucalyptus.....	30
II.3.1. Analyse uni variable.....	30
II.3.1.1 Diversité intra-spécifique.....	30
II.3.1.2. Diversité inter-spécifique.....	33
II.3.2. Analyse multivariable .....	36
II.3.2.1. Matrice de corrélation.....	36
II.3.2.2. Analyse des composantes principales .....	36
Discussion générale.....	41
Conclusion.....	44
Références bibliographiques.....	46

Annexe

# *Introducción*

*Chapitre I*  
*Généralités sur le genre*  
*Eucalyptus*

# *Partie bibliographique*

# *Diversité Génétique*



# *Partie Expérimentale*

*Chapitre I*  
*Matériel et Méthodes*

*Chapitre II*  
*Résultats et discussion*

# *CONCLUSION*

*Références*  
*Bibliographiques*

# *Annexes*

## Introduction

De très nombreuses Myrtacées ont été introduites en Algérie comme arbres d'ornement ou reboisement. Tel est le cas en particulier pour les Eucalyptus (**Quézel et Santa, 1963**). Le genre Eucalyptus en regroupe au moins 600 espèces disséminées un peu partout dans le monde (**Hurtel, 2001**).

Le genre Eucalyptus est vaste, de l'arbuste au très grand arbre, 55 m environ pour *Eucalyptus globulus* et 100 mètres pour *Eucalyptus regnan*, ce dernier peut atteindre des records à 130 m dans son aire d'origine). Les eucalyptus composent 95 % des forêts australiennes (**Mariani et al., 1981**).

Les Eucalyptus ont été introduits dans de nombreux pays, pour la production de bois ou pour assécher les sols. Les feuilles éloignent les insectes, d'où des plantations en Afrique pour diminuer la propagation de la malaria. Il a été introduit en Algérie en 1857 pour drainer les terrains de régions touchées par la malaria (Ses longues racines font qu'il joue un rôle important dans la fixation des sols (retard à la désertification) et dans le drainage des terrains marécageux) (**Treiner, 2000**).

En 2000, la superficie totale des plantations d'eucalyptus atteignait 18 millions d'hectares principalement en Inde, au Brésil, en Afrique et en Europe (**FAO, 2000**).

Le genre Eucalyptus revêt une importance considérable à l'échelle de l'économie forestière mondiale, et en particulier par l'extension considérable des reboisements (plus de 4 millions d'hectares) en régions tropicales sahéliennes et tempérées chaudes (**Lanier, 1986**).

En 1995, 80 espèces d'Eucalyptus ont été transférées dans un nouveau genre : *Corymbia*. D'autres genres ont été créés : *Symphiomirtus*, *Eudesmia*, *Monocalyptus*. La classification botanique est donc devenue beaucoup plus complexe et il est difficile de s'y retrouver.

Le recours aux paramètres morphométriques autant que marqueurs morphologiques ont souvent été utilisés pour assurer la diversité intra et inter spécifique, et la détermination de leurs relations phylogénétique.

Dans ce contexte et dans le cadre des travaux de recherche de l'Institut National de la Recherche Forestière (INRF), visant l'évaluation de la diversité génétique des Eucalyptus pour la conservation et la valorisation de ces ressources, nous avons tracé l'objectif de ce travail qui est la contribution à la caractérisation morphologique des feuilles de six espèces d'Eucalyptus de la forêt de Bainem (Alger) et du Parc National de Chérea (Blida).

## I.1. Historique :

Le genre Eucalyptus fut décrit et baptisé en 1788 par le botaniste français L'Héritier, après qu'il eut examiné des échantillons d'*E.Obliqua* récoltés par Nelson, naturaliste de la troisième expédition Cook. Dix-neuf eucalyptus avaient été nommés en 1800, et 28 en 1820 ; la plupart avaient été récoltés par des navigateurs dans les régions côtières d'Australie. En 1840, 71 espèces d'eucalyptus avaient reçu des noms, et il y avait beaucoup d'espèces nouvelles parmi la masse de spécimens botaniques ramenés en Europe par les diverses expéditions (**Ralph Jacob., 1979**).

L'Eucalyptus a été découvert par l'explorateur et botaniste français Jacques-Julien Houtou de la Billardièrre en 1792, en Australie. Quand les premiers explorateurs arrivèrent sur les littoraux de ce continent, ils virent des énormes forêts d'Eucalyptus et baptisèrent ce nouveau continent "le pays des brouillards bleus" (**Botineau, 2010**).

Son introduction en Algérie fut par les colonisations françaises en 1860. L'espèce pionnière semble être *l'E.camaldulensis*, mais d'autres espèces furent introduites dans des placettes d'essais notamment à Reghaia, Bouchaoui et El-Alia dans la région d'Alger. Cette zone d'introduction a été tellement favorable qu'on a assisté à des croisements naturels qui ont donné des hybrides dont l'Eucalyptus «Algériensis». Dans les années 40 et 50 les eucalyptus furent introduits dans 18 arboretums couvrant les étages bioclimatiques humides et semi-arides. Pendant les années 60 à 70, les reboisements à base d'eucalyptus ont concernés notamment l'Est (El-Kala, Annaba., Skikda), le centre (Tizi- Ouzou, Baïnem) et l'Ouest (Mostaganem) et ceci afin de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers (**Mehani, 2006 ; Nait Achour, 2012**).

## I.2. Classification :

Les eucalyptus sont des angiospermes dicotylédones de la famille des Myrtacées. La principale classification est celle de (**Pryor et Johnson, 1971**) qui définit sept sous-genres (Corymbia, Blakella, Eudesmia, Gaubaea, Idiogenes, Monocalyptus et Symphyomyrtus). Un huitième sous-genre (Telocalyptus) a été suggéré par (**Johnson, 1976**). Plus récemment, les



sous-genres *Corymbia* et *Blakella* ont été formellement séparés du reste des *Eucalyptus* et placés dans un nouveau genre *Corymbia* (Hill et Johnson, 1995). Actuellement, les *Eucalyptus* sont répartis dans les genres *Eucalyptus*, *Corymbia* et *Angophora*. Le genre *Eucalyptus* comprend principalement les sous-genres des *Symphyomyrtus* et des *Monocalyptus* qui contiennent la plupart des espèces cultivées.

### I.2.1. Classification :

Dans la nouvelle classification établie par le groupe phylogénique des angiospermes (APG III, 2009), L'*Eucalyptus* est classé comme suit :

Règne	Plantae
Sous-règne	Trachebionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Myrtales
Familles	Myrtaceae
Genre	<i>Eucalyptus</i>

### I.2.3.-Etymologie :

Le nom "eucalyptus" vient du grec "eu" qui signifie "bon" ou "bien" et de "kalypto" qui signifie "couvrir", car les pétales et sépales sont soudés. Le nom commun de "gommier" fait allusion à la gomme résineuse rouge qu'ils exsudent quand ils sont blessés (Lis-Balchin, 2006 ; Louppe, 2008).

### I.2.4.-Nom vernaculaire :

En arabe : شجرة الكاليتوس

En targui ou berbère : Calitous

En anglais : Australian tree ; gum tree ; Tasmanian bleugum (Goetz et Ghedira, 2012).

### I.3. Description Botanique :

L'eucalyptus est un arbre de 30 à 35 mètres, au tronc droit, lisse, grisâtre, qui porte des rameaux dressés (**Rameau et al. 1989**). les jeunes feuilles sont bleuâtres, opposées et étroitement attachées sur la tige, les feuilles adultes sont d'un vert sombre, alternées et tombantes.

Les fleurs sont visibles au printemps, naissent à l'aisselle des feuilles. Elles sont le plus souvent en bouquet, parfois solitaires, le calice à la forme d'une toupie bosselée dont la partie large est couverte par un opercule qui se détache au moment de la floraison laissant apparaître de nombreuses étamines mais sans pétales, ni sépales. Le fruit est la capsule anguleuse du calice (**Metro, 1970 ; Beker et al. 1983**).

Une autre caractéristique des Eucalyptus réside dans le fait qu'aux divers stades du cycle de développement, les feuilles ont des formes différentes, (**Penfold et Willis,1961**) notent cinq types morphologiques :

- Feuilles cotylédons.
- Feuilles de pépinières (5 à 10 paires).
- Feuilles juvéniles.
- Feuilles intermédiaires.
- Feuilles adultes.



**Figure 01 : aspect générale d'Eucalyptus**

## **I.4. Description des différentes espèces étudiées**

### **I.4.1. *Eucalyptus rudis* :**

C'est un arbre de taille moyenne avec une écorce rugueuse grise, toutefois dans certaines régions, son écorce est lisse et très semblable à celle d'*Eucalyptus camaldulensis*. Les feuilles sont pétiolées, alternes, ovales à orbiculaires de 12 × 7 cm, légèrement discolores et d'un gris-vert terne. Les fleurs blanches apparaissent en hiver jusqu'à la fin du printemps (**Ralph Jacob., 1979**).

### **I.4.2. *Eucalyptus bosistoana***

Ces arbres peuvent atteindre une hauteur de 40 à 50 mètres, à feuilles persistantes. Elle présente des feuilles simples et alternes. Elles sont lancéolées et pétiolées avec un bord entier, Les fleurs de *Eucalyptus bosistoana* s'organisent en ombelle, Les arbres produisent des capsules de déhiscence porcidé (**Ralph Jacob., 1979**).

### **I.4.3. *Eucalyptus camadulensis***

Est un arbre qui peut atteindre les 20m de hauteur parfois atteignant les 50m, avec un diamètre du tronc de 1m (**Orwa., 2009**). Comme la plus part des espèces d'*Eucalyptus*, les feuilles d'*Eucalyptus camadulensis* varient du stade de semis à l'âge adulte. Les feuilles âgées sont minces et pendantes, les jeunes feuilles, quant à elles sont ovales à lancéolés et larges. L'écorce à l'âge adulte, est lisse et se détache saisonnièrement en plaque, il contient 8 à 17 pour cent de tannins (**Burren., 1995**) ses fleurs comportent un pédicelle grêle de 0,1 à 1 cm de long, pas de pétale, très nombreuses étamines, blanc crème de 4 à 6 mm de long. Ses fruits à capsule hémisphérique de 0,8 cm terminé par un bourrelet à pointe triangulaire. Son bois rouge aussitôt après la coupe plus foncé à l'aire durable, très résistant à l'humidité (**Brosse., 2000**).

### **I.4.4. *Eucalyptus cladocalyx***

Était décrit et dénommé par Ferdinand Jacob Heinrich von Mueller en 1853, Ces arbres peuvent atteindre une hauteur de 10 à 15 mètres, à feuilles persistantes. Elle présente des feuilles simples et alternes. Elles sont lancéolées et pétiolées avec un bord entier, La floraison d'*Eucalyptus cladocalyx* a lieu de janvier à mars. Les plantes présentent des fleurs de couleur blanche qui s'organisent en ombelle, Les arbres produisent des capsules de déhiscence porcidé (**Ralph Jacob., 1979**).

### ***I.4.5.Eucalyptus blackelyi***

Arbre de 15-20 m à tronc rectiligne avec une écorce lisse marbrée, blanche, gris pâle ou gris-rosé qui se desquame par plaques façon platane. Feuilles adultes lancéolées à falciformes, concolores vertes à vert-bleu et souvent brillantes. Les feuilles juvéniles sont gris-vert à glauques, plutôt orbiculaires ou en losange avec la nervure principale jaunâtre nettement visible. Fleurs blanches entre octobre et mars **(Ralph Jacob., 1979)**.

### ***I.4.6.Eucalyptus gomphocephala***

Il a été déjà décrit et dénommé par Allan Cunningham mais la publication valide était par Augustin Pyramus de Candolle en 1828, Ces arbres peuvent atteindre une hauteur de 10 à 40 mètres, à feuilles persistantes. Elle présente des feuilles simples et alternes. Elles sont lancéolées et pétiolées avec un bord entier, La floraison d'*Eucalyptus gomphocephala* a lieu de janvier à avril. Les plantes présentent des fleurs de couleur blanche qui s'organisent en ombelle **(Ralph Jacob., 1979)**.

## **I -5.Mode de reproduction :**

La majorité des espèces d'*Eucalyptus* présentent un nombre de chromosome de  $2n = 22$ . Les fleurs sont hermaphrodites, les organes mâles et femelles se trouvent dans la même fleur. L'âge de maturité oscille selon les espèces de 3 à 10 ans, mais un décalage de floraison existe entre les différentes unités génétiques (individus, provenances, espèces). La pollinisation est principalement entomophile ou réalisée par les oiseaux pour les espèces à grandes fleurs **(Hopper et Moran, 1981)**, ce qui favorise dans ce dernier cas l'hybridation interspécifique. La distance de dispersion du pollen est généralement inférieure à 100 mètres **(Eldridge et al., 1993)**.

L'allogamie préférentielle est favorisée par différents mécanismes dont la protandrie (maturation décalée du stigmate et du pollen), mais aussi l'incompatibilité du tube pollinique et du stigmate, la stérilité mâle et par un mécanisme génétique de contrôle d'incompatibilité **(Pryor, 1976)**. Cependant, il existe une part non négligeable d'autogamie lors de la fécondation. Dans les conditions naturelles, le taux d'allofécondation moyen est estimé à 75 % avec des variations comprises entre 60 et 90 % **(Moran et al., 1989)**. L'autofécondation produit des graines peu viables avec des taux de germination réduits et une croissance plus lente.

## I.6. Répartition dans le monde et en Algérie :

Les plantations d'Eucalyptus couvrent de 13 à 19 millions d'hectares distribués dans plus de 70 pays (Fa0, 1995).

la surface de plantation d'eucalyptus a considérablement augmenté depuis 20ans en particulier en Asie et en Amérique du sud (Iaciau, 2001).

En Algérie le reboisement d'eucalyptus est de 29355 hectares qui représentent un taux de 2% du total des reboisements forestiers dans différentes wilaya du Nord (El taraf , Skikda, Jijel, Bejaia, Annaba ,Tizi-Ouzou, et les wilayas Tlemcen, Tissemsilt, Sidi Bel Abbès, Tipaza, Bouira et Guelma (Meddouar et Elderriji, 2012). Son introduction en Algérie date de 1861, La plantation massive de ces arbres ne se fera qu'à partir de 1950, grâce à leur facilité d'adaptation (Métro, 1970).

L'espèce provenant semble être l'*E.camadulensis* mais d'autres espèces furent introduites dans des placettes d'essais notamment à Reghaia, Bouchaoui et El Alia, dans la région d'Alger, cette zone d'introduction était tellement favorable qu'on a assisté à des croisements qui ont donné des hybrides dont « l'*Eucalyptus algerensis* ». Dans les années 40 et 50 les Eucalyptus furent introduites dans 18 arboretums couvrant les étapes bioclimatiques humides et semi-arides. Dans ce cadre, pas moins de 130 espèces ont été plantées sur le territoire national (Nait Achour, 2012).

Pendant les années 60 à 70, les reboisements à base d'Eucalyptus ont concernés notamment l'Est (El Kala, Annaba, Skikda), le centre (Tizi-Ouzou, Bainem) et l'ouest Mostaganem afin de répondre aux besoins nationaux en produits ligneux et papetiers (Foudil-Cherif, 1991). Les espèces *E.globulus*, *E.camadulensis*, *E.gomphocéphala*, sont les plus répandues dans la région méditerranéenne (Russell et Culter, 2008).

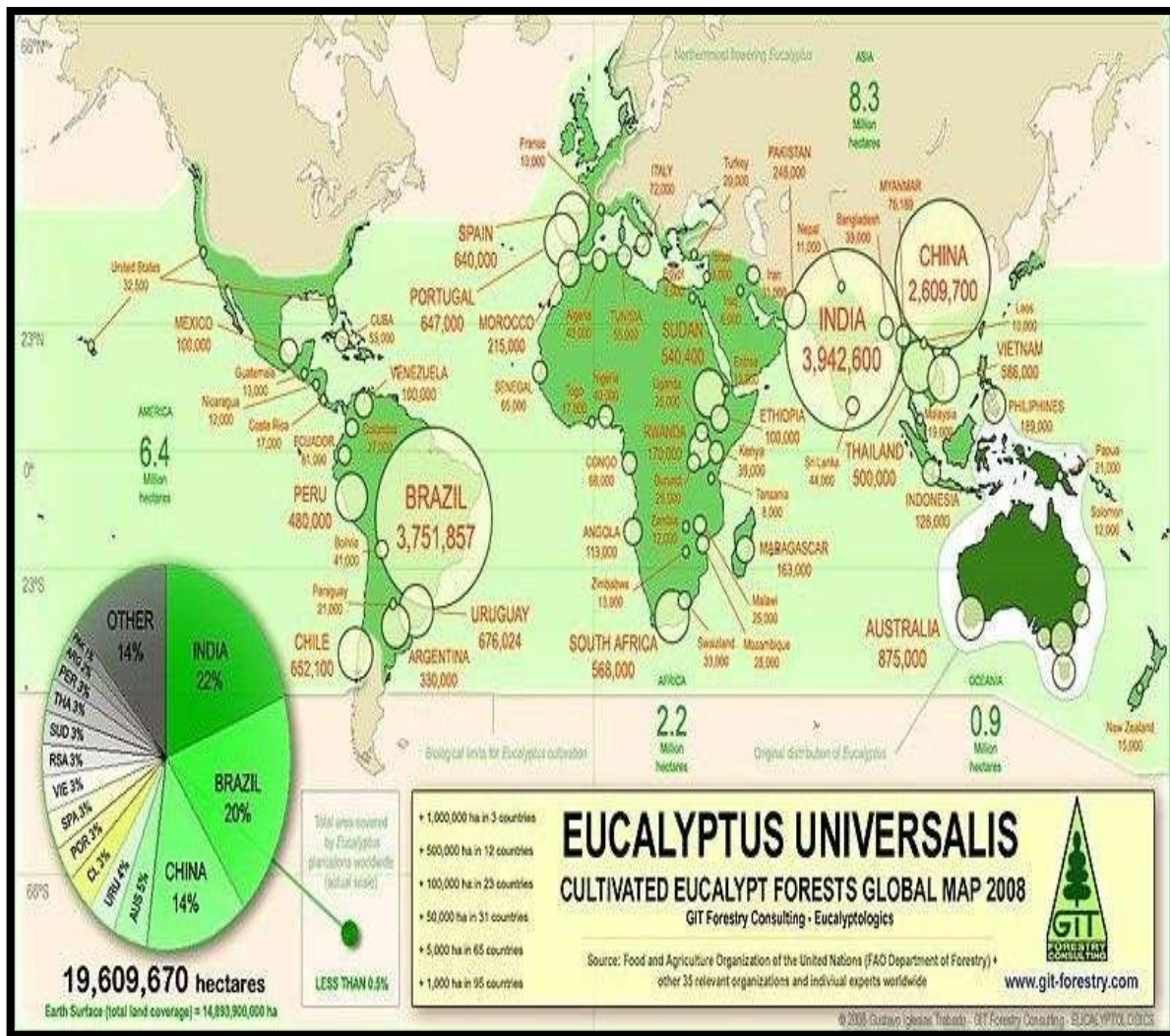


Figure 02: Répartition Eucalyptus cultivé dans le monde (FAO Map 2008).

## I.7. Exigences écologiques

### I.7.1. Le sol

L'Eucalyptus s'adapte à toutes les textures, même très argileuses. Il tolère l'engorgement temporaire, mais préfère les sols drainants, en légère pente, chargés en cailloux et galets. Ces espèces ont un système racinaire superficiel, L'épaisseur de sol prospecté est généralement de l'ordre de 0,50 m, même si l'on trouve quelques racines à plus grande profondeur. La fertilité chimique du sol influe peu sur sa croissance.

### I.7.2.Le climat

Les Eucalyptus s'adaptent à des niveaux de pluviosité faibles, de l'ordre de 600 mm/an. Les niveaux de productivité sont en rapport avec ces quantités de précipitations. Eucalyptus semble plus tolérant aux sécheresses et aux fortes chaleurs, sans doute en raison d'un contrôle stomatique plus efficace (**Grieu et Maury, 2004**).

## I. 8. La diversité génétique

La diversité génétique est la variation qui existe au niveau des gènes. C'est la variation de la quantité d'informations génétiques des individus, des populations, des espèces, et des communautés. Elle est définie par le niveau de similarité ou de différence et représente le fondement de la biodiversité (**BUDAK *et al.*, 2003**). C'est la diversité intra-spécifique (polymorphisme génétique) qui représente le potentiel et la capacité à répondre aux changements environnementaux, à la fois sur le court terme (faculté d'adaptation) et sur le long terme (potentiel d'évolution) (**GIANCOLA *et al.*, 2006**).

## I.9. Les marqueurs biologiques

La diversité génétique est le résultat de plusieurs phénomènes dont la sélection, les mutations, la migration et la dérive génétique. Ces forces évolutives ont toutes des effets sur l'importance et l'organisation de la variabilité génétique. Les effets de ces forces portent sur l'ampleur et l'organisation du polymorphisme : la mutation et la migration augmentent la diversité alors que la sélection et la dérive génétique la diminuent (**SAMOUELIAN *et al.*, 2009**). L'utilisation de la diversité génétique dans un programme de sélection passe inévitablement par son estimation et par le choix du type de marqueur susceptible de la traduire le plus fidèlement possible (**RAVEL *et al.*, 2004**). Trois types de marqueurs sont largement utilisés pour l'évaluation de la variabilité génétique, à savoir les marqueurs morphologiques, les marqueurs biochimiques et les marqueurs moléculaires (**CUI *et al.*, 2001**).

### I.9.1. Les marqueurs morphologiques

Dans les programmes de sélection des plantes, les caractères morphologiques sont les premiers à être observés. Ces caractères intéressent diverses parties de la plante : la longueur des tiges, les surfaces foliaires, l'initiation de la floraison et le fruit (**GOMEZ *et al.*, 2004**).

Les marqueurs morphologiques ont été retenus dans un premier temps parce qu'ils présentaient l'avantage d'être immédiatement disponibles et nécessitent seulement un équipement simple. Ils représentent des variations de type qualitatif (couleur..), morphologique (forme), des résistances à des maladies ou des ravageurs (**SAMOUELIAN *et al.*, 2009**).

L'étude des différents caractères quantitatifs se rapporte aux parties morphométriques : longueur et largeur des feuilles, longueur des pétioles, longueur des stipules et le fruit (**CRONK, 2010**).

Ces critères sont utilisés pour décrire et identifier les lignées et les variétés chez les végétaux.



Cependant, ces marqueurs sont peu polymorphes et en général dominants, ils ont fréquemment une base génétique complexe, ils sont limités en nombre et leur expression est souvent fortement influencée par l'environnement (ANDERSSON *et al.*, 2006).

### **I.9.2. Les marqueurs biochimiques**

Les marqueurs biochimiques ont été mis en œuvre pour étudier la variabilité génétique (HARRY, 2001). Ils se caractérisent par un pouvoir de discrimination plus élevé que les marqueurs morphologiques (BANK *et al.*, 2001).

Les composés phénoliques forment un groupe de composés phytochimiques le plus important des plantes (BETA *et al.*, 2005), comme c'est le cas pour la plupart des substances naturelles qualifiées de métabolites secondaires, leur répartition qualitative et quantitative est inégale selon les espèces, les organes, les tissus et les stades physiologiques (SARNI-MACHADO *et CHEYNIER*, 2006), d'où leur utilisation en tant que marqueurs biochimiques en chimiotaxonomie pour caractériser les cultivars ou les variétés de différentes espèces (VAN SUMERE *et al.*, 1993).

La diversité génétique des espèces a été étudiée à l'aide des marqueurs enzymatiques tels que les alloenzymes qui sont des formes moléculaires distinctes d'une enzyme chez un même organisme et ayant la même activité catalytique. Ces marqueurs ont été également utilisés en combinaison avec des marqueurs morphologiques pour comparer la structuration de la diversité génétique.

Vu le faible niveau de polymorphisme révélé par les marqueurs biochimiques et sa variabilité en fonction des conditions environnementales, il est souvent nécessaire d'utiliser les marqueurs moléculaires pour compléter l'évaluation et l'étiquetage des ressources génétiques.

### **I.9.3. Marqueurs moléculaires**

Un marqueur moléculaire est un marqueur génétique qui permet de révéler un polymorphisme (SERRE, 2006).

Les marqueurs moléculaires répondent bien à ces critères et, contrairement aux marqueurs associés à des caractéristiques morphologiques ou biochimiques, ils révèlent directement les modifications du patrimoine génétique, c'est-à-dire de l'ADN, qu'elles se traduisent ou non par une modification phénotypique. Ce polymorphisme de l'ADN résulte de mutations, produisant soit des substitutions nucléotidiques, soit des insertions ou des délétions d'une ou plusieurs bases. L'analyse par ces marqueurs peut être réalisée tout au long du développement de la

plante. Ces marqueurs ont le potentiel d'exister en nombre illimité, couvrant le génome entier, et ils ne sont pas influencés par l'environnement (**DE MORAES et al., 2007**).

De nombreux marqueurs moléculaires ont été mis à la disposition des chercheurs, et de nouveaux sont régulièrement décrits et mis en évidence selon l'ordre chronologique : RFLP «Restriction Fragment Length Polymorphism», RAPD «Random Amplified Polymorphic DNA»), AFLP «Amplified Fragment Length Polymorphism» et les microsatellites ou SSR «Simple Sequence Repeats» (**RUSSELL et al., 2004**).

Ce travail a été réalisé durant la période s'étalant du mois de janvier au mois de juin(2018), le travail ainsi réalisé comprend de deux volets :

- Une analyse du sol réalisée au niveau du laboratoire de pédologie du département de biotechnologie végétale de l'université de Blida I.
- Une étude morphologique basée sur l'analyse biométrique des feuilles de six espèces d'Eucalyptus, réalisée au niveau du l'Institut National de Recherche Forestière (INRF).

### **I.1.Situation géographique**

Nous avons réalisé notre travail dans les wilayas d'Alger (Institut National de Recherche Forestier à bainem) et Blida (parc national de chéréa –sidi Salem bouarfa) (Tableau I).

**Tableau I : Situation géographique des stations d'étude**

<b>Station</b>	<b>Localisation</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Latitude (Nord)</b>	<b>Longitude (Est)</b>
<b>Alger (foret de bainem)</b>	Situé à 15 km á l'ouest d'Alger, la surface est de 50ha	180 à 285	36°49'N	2°57'E
<b>Blida (Parc national de cherea /sidi salem bouarfa)</b>	Situé à25km á l'ouest de Blida, sur la commune de bouarfa	600	36°26'09"N	2°48'15"E



Figure03 : Situation géographique des zones d'étude

## I.2. Etude pédoclimatique

### I.2.1. Synthèse climatique

Les relevés des températures (T) et précipitations (P) mensuelles moyennes (2016/2017) ont été fournis par l'office national de la météorologie (ONM) de Dar El Baïda. (**Tableau III et IV/Annexe I**).

La synthèse de données climatiques obtenues est effectuée par deux indices climatiques :

## I.2.2. Diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen

Afin de mieux évaluer la durée et l'importance de la saison sèche, nous avons établi le diagramme ombrothermique de Bagnols et Gaussen. Dont la principe est : un mois est considéré comme sec lorsque le double de la température moyenne mensuelle (**T**) est supérieure ou égale aux précipitations mensuelles (**P**) : ( $P \leq 2T$ ).

## I.2.3. Quotient pluviométrique d'Emberger

L'emploi du quotient pluviométrique ( $Q_2$ ) est spécifique au climat méditerranéen, ce quotient permet d'apprécier l'aridité des régions méditerranéennes et de classer les zones d'études dans le climagramme d'Emberger.

La formule adoptée pour le calcul du quotient pluviométrique de nos zones d'étude est la

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

**P** : Moyenne des précipitations annuelles en m ; **M** : Moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K ; **m** : Moyenne des minima du mois le plus froid en °K ( $t + 273$ ) ; **M - m** : Amplitude thermique moyenne ; **K** : Degré Kelvin

## I.3.1. Etude pédologique

### A) Echantillonnage du sol

Le prélèvement des échantillons du sol est une opération fondamentale. Elle est simple, mais elle demande cependant quelques précautions ; les échantillons sont prélevés à partir du point le plus profond pour terminer vers la surface. Nous avons pris un échantillon de 1 kg du sol de chaque zone d'étude à une profondeur de 0 à 30 cm. Chaque échantillon recueilli est mis dans un sachet en plastique, puis transporté au laboratoire. Tous les échantillons sont préparés en vue des analyses ; Par un séchage à l'air pendant huit jours, suivi d'un broyage à l'aide d'un pilon, en porcelaine, et Par tamisage à 2 mm, séparant la terre fine de la fraction grossière, la terre fine est mise dans des sachets en plastique portant un code relatif à la région, c'est sur cette terre fine que nous avons réalisé une série d'analyse physico-chimique à savoir :

- La Granulométrie (Méthode internationale à la pipette de ROBINSON)
- L'humidité (séchage à l'étuve 105°C)
- Le dosage du calcaire total (utilisation de la méthode gazométrique « calcimètre de

BERNARD »

- La mesure du pH au pH mètre
- La conductivité électrique CE (Mesure au conductimètre)

### B) Analyses physico-chimiques

#### ❖ Granulométrie

##### Principe

L'analyse granulométrique du sol (analyse mécanique) consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction (**Casagrande ,1934**). Les résultats obtenus sont interprétés par un diagramme des textures ou triangles des textures (**Figure 13/annexe V**) afin de connaître la texture de l'échantillon de sol.

La méthode internationale se base sur l'utilisation de la pipette de ROBINSON est la méthode la plus fréquemment employée pour déterminer la texture du sol surtout pour les prélèvements des argiles et limons.

##### Mode opératoire

###### \* Destruction de la matière organique

- Peser 20 g de sol tamisé à 2 mm et les mettre dans un bécher et ajouter 50 ml d'H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> à 20 volumes
- Porter au bain marie ou sur une plaque chauffante à une température de 85 à 90°C jusqu'à disparition de l'effervescence. Et vérifier l'absence de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> par KMnO<sub>4</sub> à la touche. Laisser refroidir.

###### \* Décarbonatation

- Ajouter 100ml d'une solution d'HCl préparée à partir d'HCl (12N), ce volume doit renfermer (3,3% CaCO<sub>3</sub>) ml d'HCl (12N) ; et porter à ébullition pendant 15 minutes et laisser refroidir ; ajouter de l'eau distillée jusqu'au 3/4 du bécher, agiter et laisser décanter ;
- Siphonner le liquide clair en évitant les pertes de particules ; effectuer environ trois lavages par décantation avec 400 à 500 ml d'eau distillée.

###### \* Dispersion

Transvaser la terre dans un flacon d'un litre à col large au moyen d'eau distillée sans dépasser le volume de 500 ml, ajouter 40 ml de la solution dispersante d'hexamétaphosphate de sodium et 1 ml d'ammoniaque pure ; Agiter mécaniquement à l'agitateur rotatif pendant 2 heures

###### \* Séparation des fractions granulométriques

Transvaser la suspension dans une allonge d'un litre, et compléter à volume avec de l'eau distillée. Les différentes particules se sédimentent plus ou moins rapidement selon leur diamètre.

Pour séparer les argiles et les limons fins ( $\varnothing < 20\mu$ ), nous avons appliqué la loi de STOCKES : un prélèvement est effectué à l'aide de la pipette ROBINSON à une hauteur (h) de 10 cm après agitation par retournement de l'allonge contenant la suspension du sol à cet effet :

- Relever la température, et déterminer le temps de chute pour  $h=10\text{cm}$
- Placer l'allonge sous la pipette, Pour la remplir doucement, fermer le robinet lorsque le liquide arrive au-dessus du robinet ensuite vider son contenu dans une capsule tarée.
- Evaporer à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  et peser le résidu sec soit (**P1**) (pour le prélèvement des argiles et limons fin)
- Pour le prélèvement de la fraction argileuse, elle se fait de la même façon que précédemment, Evaporer à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  et peser le résidu sec soit (**P2**)
- Le résidu sec **P1** ou **P2** renferme une certaine quantité d'héxamétaphosphate de sodium qu'il faut déduire de chaque prélèvement à la pipette. Pour minimiser cette erreur, placer 40 ml de la solution dispersante dans une autre allonge d'un litre et compléter à volume avec de l'eau distillée.

Mélanger et prélever le même volume que pour le mélange argile et limons fins est mettre ensuite dans l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  et peser le résidu sec soit (**Pr**).

- Pour la séparation des fractions sableuses, récupérer après agitation les sables fin et les sables grossiers sur deux tamis superposés de mailles 0.05mm et 0.20 mm,
- Rincer l'allonge à plusieurs reprises et vider les eaux de rinçage dans les deux tamis, et continuer par un lavage avec l'eau de robinet. Puis verser le contenu de chaque tamis dans deux capsules tarées par un jet de pissette,
- Sécher à l'étuve à  $105^\circ\text{C}$  et peser les résidus secs, soit (**P3**) poids des sables fins, (**P4**) poids des sables grossiers.

### Calcul

Les différentes fractions se calculent ainsi :

$$\% \text{ ARGILE (A)} = (P2-Pr) * V * 100 / v [P- P/100 (MO+H+CaCO_3)]$$

$$\% \text{ LIMONS FINS (LF)} = (P1-P2) * V * 100 / v [P- P/100 (MO+H+CaCO_3)]$$

$$\% \text{ SABLES FINS (SF)} = P3 * 100 / [P-P/100(MO+CaCO_3+ H)]$$

$$\% \text{ SABLES GROSSIERS} = P4 * 100 / [P - P/100(MO + CaCO_3 + H)]$$

**P** : prise d'essai. **P1** : poids d'argile + limons fins + hexamétaphosphate prélevé et pesé à sec. **P2** : poids d'argile + hexamétaphosphate prélevé et pesé à sec. **Pr** : surcharge du dispersant (hexamétaphosphate). **P3** : poids des sables fins. **P4** : poids des sables grossiers. **v** : volume de la pipette. **V** : volume total de la suspension. **MO** : % de la matière organique. **H** : % d'humidité. **CaCO<sub>3</sub>** : % de calcaire.

### ❖ L'humidité

#### Principe

La méthode gravimétrique, ou méthode par séchage à l'étuve à 105°C, consiste à prélever un échantillon du sol à étudier, à peser sa masse à l'état humide puis à l'état sec après passage à l'étuve à 105°C et d'en déduire la masse ou le volume d'eau contenu dans l'échantillon (**Baize, 1988**).

#### Mode opératoire

- Peser les capsules vides (P)
- Prendre 10 g de sol humide (Ph)
- Laisser les capsules dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures
- Prendre le poids de sol sec (Ps)

#### Calcul

Le taux d'humidité pondérale (He) est calculé par la formule suivante :

$$He = \left[ \frac{Ph - Ps}{Ps - P} \right] * 100$$

### ❖ Mesure du pH

#### Principe

Par l'utilisation de la méthode électro métrique qui est basé sur la loi de NERST et consiste à mesurer à l'aide d'un pH -mètre à électrodes (**Duchaufour, 1988**)

Selon (**Baize, 1988**), la mesure du pH d'une suspension de sol dans l'eau (pH eau) rend la concentration des ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> à l'état dissocié dans le liquide surnageant, sol/eau à un volume de 1 / 2,5.



## Mode opératoire

Peser 20 g de sol, ajouter 50 ml d'eau distillée, agiter pendant 01 heure à l'aide d'un agitateur, filtrer et réaliser les lectures par pH mètre.

### ❖ La conductivité électrique (C.E)

#### Principe

La conductivité électrique (C.E) nous renseigne sur la salinité globale du sol, elle est mesuré à l'aide d'un appareil appelé conductimètre sur extrait obtenu à partir d'un échantillon de sol sec puis saturé d'eau et dont la valeur dépend de la concentration en sels des solutions du sol (Zerami, 1993).

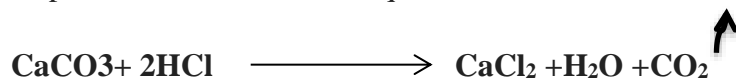
#### Mode opératoire

Même mode opératoire utilisé pour le pH

### ❖ Dosage du calcaire total

#### Principe

Le calcaire total(ou quantité de  $\text{CaCO}_3$ ) contenu dans un échantillon de sol est déterminé par gazométrie à partir de la réaction chimique :



Il s'agit de comparer le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé de l'échantillon par le contact avec l'HCl avec celui dégagé par le contact d'HCl avec  $\text{CaCO}_3$  pur et sec en quantité connue. la détermination de la teneur se fait à l'aide d'un calcimètre de Bernard (Baise, 1988).

## Mode opératoire

### Essai témoin (étalonnage de l'appareil).

Introduire 0,3 g de  $\text{CaCO}_3$  pur et sec au fond de l'erenmeyer et mouiller par quelques gouttes d'eau distillée pour bien favoriser le contact avec l'HCl.

Mettre 5 ml d'HCl pur dans le tube, incorporer à l'aide d'une pipette à piston, et boucher convenablement l'erenmeyer en le raccordant à la colonne. Agiter pour bien favoriser la réaction

La réaction terminée (fin de bouillonnement), noter le volume **V** en ml de  $\text{CO}_2$  dégagé.

### Essai échantillon.

Procéder de la même façon pour le témoin, en remplaçant CaCO<sub>3</sub> pur par le poids **P** (g) de l'échantillon à analyser. Soit **v** en ml volume de CO<sub>2</sub> dégagé.

### Calcul

L'expression du résultat est donnée selon la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 = (0,3v / V * P) * 100$$

**0,3** : le poids de CaCO<sub>3</sub> pur. **v** : volume de CO<sub>2</sub> dégagé de l'échantillon. **V** : volume de CO<sub>2</sub> dégagé (témoin). **P** : prise d'essai de l'échantillon.

### ❖ Détermination de la matière organique

#### Principe

Le carbone organique est oxydé par bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) en milieu sulfurique ; le bichromate de potassium doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique (**Hazeiton et Murphy, 2007**).

#### Mode opératoire

- Mettre 1g de terre fine (tamis de 2mm) dans un ballon plat de 200ml et incorporer à l'aide d'une pipette avec poire 10ml de bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) à 8% puis ajouter 15ml d'acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré.
- Passer le ballon en ébullition à l'aide d'un bain de sable (temps d'ébullition 5mn) et à l'apparition de la première goutte condensée laisser refroidir.
- Transvaser le mélange refroidi dans une fiole jaugée de 200 ml et laver le ballon avec 150ml d'eau distillée puis compléter au volume 200ml, et après homogénéisation, prélever avec une pipette 20ml de la solution et les transvaser dans un Erlen Meyer de 250ml.
- Introduire 150ml d'eau distillée et 1,5ml d'acide phosphorique concentré (pour bien voir la fin de virage) et ajouter 3 à 4 gouttes de diphenylamine baryum sulfonate (**Annexe II**) (c'est un indicateur qu'en présence d'un excès d'un sel réducteur (sel de Mohr), fait passer la solution d'un brun violacé au bleu vert) et à la fin titrer en agitant avec un agitateur magnétique la solution de sel de Mohr (0,2N) (**Annexe II**) .

La couleur passe du brun violacé au bleu vert (soit **N** ml de sel de Mohr versé)

- Préparer un témoin dans les mêmes conditions (soit **n** ml de sel de Mohr versé).

### Calcul

L'expression du résultat est donnée selon la formule suivante :

$$\text{M.O} = \text{C\%} \times 1.72 \quad \text{dont} \quad \text{C\%} = (\text{N} - \text{n} / \text{p}) * 0,615$$

**C%** : pourcentage de carbone. **N** : le dosage de témoin, **N** ml de la solution réductrice

**n** : le dosage de l'échantillon, **n** ml de la solution réductrice de sel de Mohr. **P** : la prise d'essai en g.

**0,615** : 1ml de sel de Mohr correspond à 0,6mg de **C** Etant donné que le Carbone n'est oxydé qu'à 98%, donc 1ml de sel de Mohr 0,2 pour  $0,6 * 100 / 98 = 0.615\text{mg}$  de **C**.

### **I.3. Etude de la diversité intra et inter spécifique d'Eucalyptus par les marqueurs morphométriques**

#### **I.3.1. Echantillonnage**

Le matériel végétal utilisé dans notre étude est constitué des feuilles de six espèces d'Eucalyptus : *Eucalyptus camaldulensis* (dehn), *E bosistoana*, *E rudis*, *E gomphocephala*, *Eblackely*, *E cladocalyx* (Foret de Bainem), *E camadulensis* (Parc National de Chéréa) (figure01)

Pour chaque espèce nous avons pris cinq pieds, le choix se fait selon un dispositif aléatoire, et nous avons prélevé un échantillon de 20 feuilles adultes pour chaque pied de l'espèce à étudier, afin de réaliser l'étude morphométrique.

Les différents paramètres étudiés à savoir : la longueur des feuilles (LF), la largeur des feuilles (IF), La longueur des pétioles (LP), et le rapport longueur sur largeur des feuilles. ont été mesurés à l'aide d'une règle graduée.



*E.camadulensis (dehn)*



*E.bosistoana*



*E.rudis*



*E.gomphocephala*



*E.cladocalyx*



*E.blackely*

**Figure04 : Morphologie des feuilles des six espèces étudiées**

### I.4.1. Analyse statistiques

À la fin de cette étude, une analyse statistique à l'aide d'un logiciel S.A.S (Statistics Analysis System. 10-2017) sur l'ensemble des paramètres étudiés, permettra d'en choisir les plus intéressants pour une étude discriminante des espèces étudiés.

Nous avons utilisé les lois ci-dessous pour l'analyse de la variance.

#### Calcul de la moyenne :

$$\bar{X} = 1/n \sum_1^n x_i$$

$n$  : le nombre d'observation.  
 $x_i$  : les valeurs observées.

#### Calcul de la variance :

$$S^2 = 1/n - 1 \sum_i^n (x_i - \bar{X})^2$$

#### Calcul de l'écart type :

$$S = \sqrt{1/n - 1 \sum_i^n (x_i - \bar{X})^2}$$

#### Calcul de coefficient de variabilité :

$$C.V = \frac{\text{écart type } (S)}{\text{moyenne}(\bar{X})} \times 100$$

### I.4.2. Analyse univariable

#### A/Test ANOVA

L'objectif d'une analyse de variance (ANOVA) vise à tester les différences significatives entre les moyennes (Dagnelie, 2006).

#### B/Test de Newman et Keuls

Le test de *Newman-Keuls* est basé sur la statistique des étendues, il est utilisé pour déterminer les différences significatives entre les moyennes des groupes dans une analyse de variance (Dagnelie, 2006).

## **I.4.3. Analyse multivariable**

### **A/ Matrice de corrélation**

Une **matrice de corrélation** est utilisée pour évaluer la **dépendance** entre plusieurs variables en même temps. Le résultat est une table contenant les **coefficients de corrélation** entre chaque variable et les autres (**Dagnelie, 2006**). Cette analyse est réalisée que pour l'étude morphométrique.

### **B/ Analyse des Composantes Principales (ACP)**

L'analyse des composantes principales est une méthode statistique essentiellement descriptive, son objectif est de présenter sous une forme graphique le maximum d'information contenue dans un tableau de données. Ce tableau doit être constitué en ligne des individus sur lesquels sont mesurées des variables quantitatives ou pouvant être disposées en colonnes (**Breton et al. 2006**)

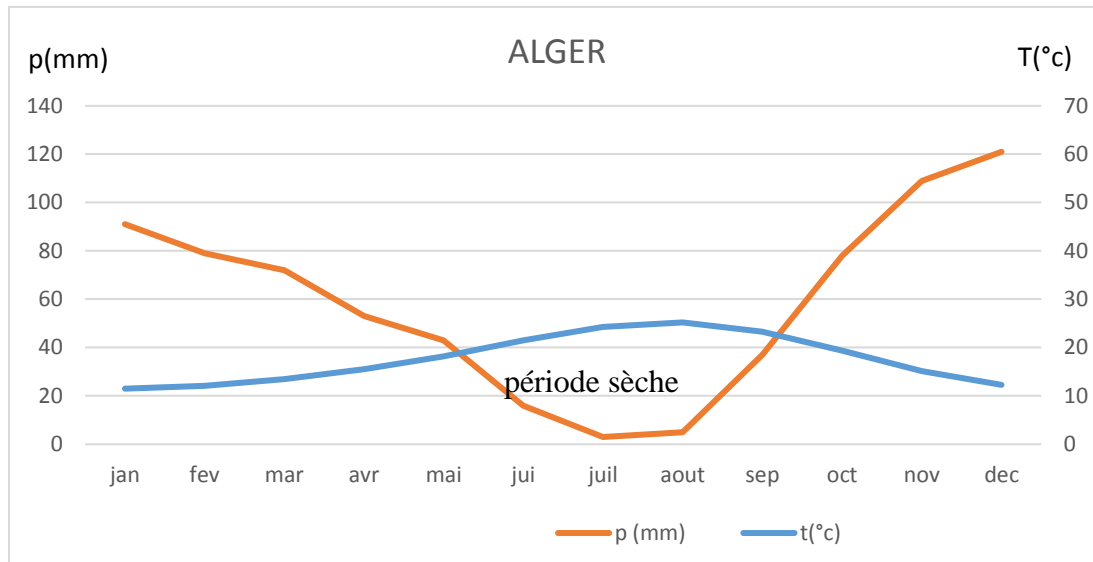
### **C/ Dendrogramme**

Le dendrogramme permet d'examiner la structure génétique et d'estimer la distance entre les individus étudiés avec le logiciel de TreeView 1.6.6 -2013 (**Page, 1998**).

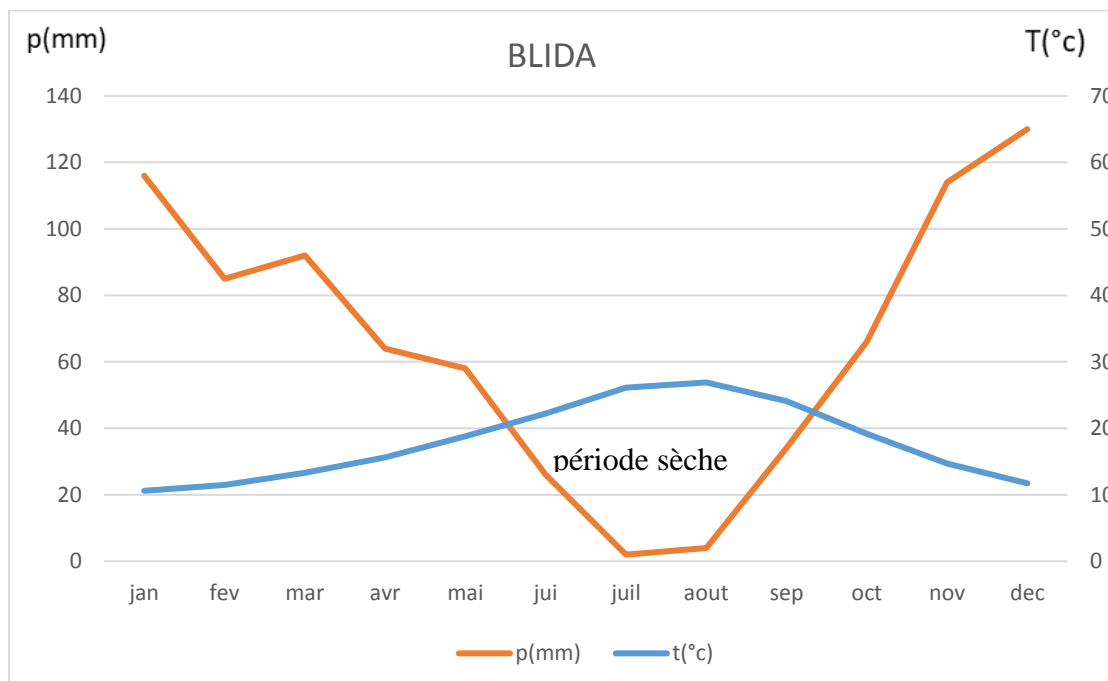
II.1. Résultats des données climatiques

II.1.1. Diagramme Ombrothermique de Bagnols et Gossen

A partir du **Tableau II et III /Annexe I**, nous avons tracé un diagramme ombrothermique pour chaque zone d'étude.



**Figure05 : Diagrammes ombrothermique de Bagnols et Gausson d'Alger (période 2016/2017).**



**Figure06 : Diagrammes ombrothermique de Bagnols et Gausson de Blida (période 2016/2017).**

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la reproduction pour les plantes et conditionne la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère. (**Ramade, 1984**).

Elle dépend de la nébulosité, de l'altitude, des grandes surfaces d'eau, des courants marins et des formations végétales (**Faurie et al ; 1980**)

Du **Tableau II et III / Annexe I**, il ressort que les températures les plus basses s'enregistrent durant les mois de Janvier et Février de l'année 2016/2017 pour les deux zones d'étude (Blida, Alger.)

Pendant le printemps (Mars, Avril, Mai) les températures oscillent entre 13,3°C et 18,8°C, ces dernières sont très favorables pour la croissance des organes floraux et le déroulement de processus de floraison et de la pollinisation. En été les températures sont plus élevées elles varient entre 21,5°C et 26,9°C : les températures d'automne, elles oscillent entre 11,7°C et 19,4°C.

Pour la pluviosité, elle constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres (**Ramade, 1984**) ; les précipitations représentent les facteurs les plus importants du climat (**Faurie et al. 1980**).

Durant notre année d'étude, nous avons noté que les précipitations sont plus importantes durant le mois de Décembre dans les deux zones, Le mois de Juin présente des précipitations importantes durant la période fin printemps .à partir du mois de juillet, nous avons constaté l'installation de la sécheresse, les pluies sont presque absentes. En effet, seulement des quantités entre 2 mm et 5 mm pour les différentes zones d'études sont enregistrés durant les mois de Juillet et Aout.

Le diagramme ombrothermique des régions d'étude révèle que la saison sèche s'étale sur une même période pour les deux régions qui est de quatre mois (fin Mai jusqu'à fin Septembre).

### II.1.2. Quotient pluviométrique d'Emberger

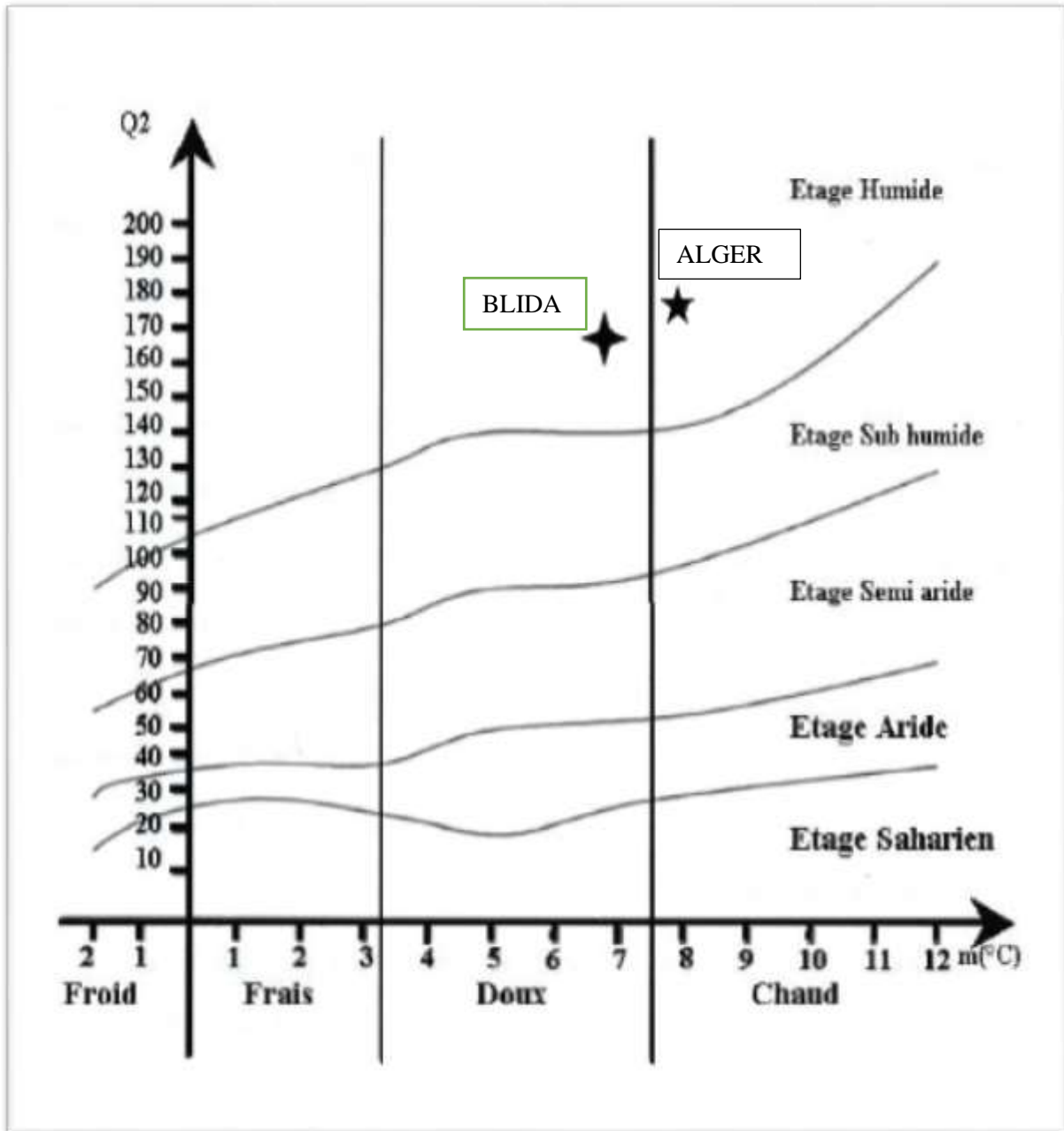
Les résultats du quotient pluviométrique d'Emberger (**Q<sub>2</sub>**) calculées sont :

$$Q_2 = 177 \text{ pour Alger}$$

$$Q_2 = 166 \text{ pour Blida}$$

Ces résultats sont illustrés dans le climagramme pluviométrique du quotient d'Emberger (**Q<sub>2</sub>**) (**Figure 07**).





\*m (°C) : Température minimale du mois le plus froid (C°)

**Figure 07 : Climagramme pluviométrique du quotient d'Emberger(Q2) des zones d'études.**

Selon ce diagramme la région de Blida et Alger est classée dans l'étage bioclimatique humide à hiver doux.

Les deux stations d'étude se situent dans la zone du climat méditerranéen, ce dernier est un climat de transition entre la zone tropicale, avec un été très chaud et très sec et à hiver très froid.

## II.2. Résultats de l'étude pédologique

### II.2.1. la granulométrie

Les résultats obtenus de l'analyse granulométrique sont représentés dans le tableau IV

**Tableau IV : Résultats de l'analyse granulométrique des régions d'étude**

Régions Paramètres étudiés		ALGER	BLIDA
		FORET DE BAINEM	SIDI SALEM BOUARFA
Granulométrie	Argile (%)	37	40,46
	Limons (%)	62	50,43
	Sable fins (%)	0,62	2,52
	Sable grossier (%)	0,29	5,52

Les résultats de l'analyse granulométrique obtenus à partir du triangle des textures (**Figure 13 Annexe V**) montrent que les deux régions étudiées présentent une texture limoneux-argilo (37% argile et 62% limons) pour la forêt bainem, (40.46% argile et 50.43% limons) pour le parc national de chéréa.

L'eucalyptus préfère les sols perméables, frais et bien drainés et à forte teneur en argile, Il craint les sols asphyxiants.

### II.2.2. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques du sol sont représentés dans le tableau V

**Tableau V : Résultats des analyses physico-chimiques des quatre régions d'étude**

Régions Paramètres étudiés	ALGER	BLIDA
	FORET DE BAINEM	SIDI SALEM BOUARFA
Taux d'humidité (%)	45,92	26,24
pH	6.32	4,5
CE (ms)	0,805	0,735
Calcaire total (%)	2.68	0,00
Matière organique (%)	20.58	49,2

Les résultats relatifs à l'humidité du sol des régions étudiées sont respectivement de 26,24% à forêt du Bainem et de 45,92 à Blida.

(Tardieu et al., 1990) considèrent que l'humidité volumique utile sur les sols limoneux ou argileux est constamment supérieure à 20% ; et (Ben Rouina et al., 1994) ont signalé que la valeur de la capacité de rétention des sols sableux est constamment faible, variant entre 1,5% au cour de la saison sèche et 12% lors de la saison pluvieuse.

Donc nous pouvons déduire que la capacité de rétention est moyenne pour les sols analysés, les résultats du taux d'humidité sont en relation avec la texture des sols, ainsi plus le sol est argilo-limoneux plus l'humidité du sol augmente.

Les pH déterminés à partir des suspensions des sols analysés indiquent des valeurs de 6,32 (Foret Bainem), et 4,5 (Blida) ; selon les normes établis par (Baiz. 1988) (tableau XVII / Annexe IV), le sol de la Foret Bainem est neutres, par contre le sol de Blida est acide.

La conductivité électrique déterminée à partir des suspensions des sols analysés indique des valeurs supérieure à 0,5 pour les sols du Parc National de Cherea et de la Foret du Bainem, donc ils sont l'égèrement salé selon les normes établis par (Mathieu et Pieltain. 2003) Tableau XVIII / Annexe IV.

Le calcaire total déterminé à partir des suspensions des sols analysés indique : une valeur de 2,68% pour la Foret de Bainem, donc c'est un sol peu calcaires, et une valeur inférieure à 01% pour Blida, donc c'est un sol non calcaire. Selon les normes établies par (Baize. 1988) Tableau XIX / Annexe IV.

La matière organique déterminé à partir des suspensions des sols analysés indique des valeurs qui se situent entre 20,58% et 49,2% donc nos sols sont fortement riche en matières organique Tableau XX/ Annexe IV.

### II.3. Résultats de l'étude morphométrique d'Eucalyptus

#### II.3.1. Analyse uni variable

##### II.3.1.1 Diversité intra-spécifique

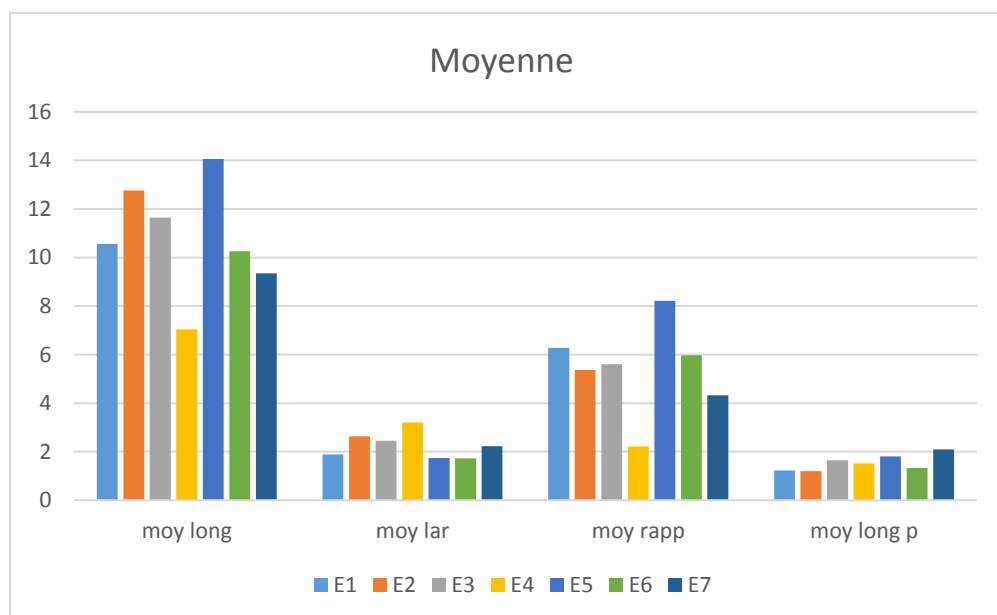


Figure08 : histogramme représenter les moyens résultats de l'analyse de l'étude

### morphométrie intra-spécifique

E.1 : *camadulensis* Blida ; E.2 : *camadulensis* Alger, E.3 : *rudis*, E.4 : *bosistoana*, E.5 : *gomphcephala*,  
E.6 : *cladocalyx* E.7 : *blackelyi*.

#### II.3.1.1.1. La longueur des feuilles (LF)

Les résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de la longueur des feuilles (LF) entre les cinq pieds de chaque espèce étudiée sont représentés dans la figure 08 et le tableau VI annexe VI

Le coefficient de variation (cv) pour toutes les espèces étudiées est varié entre 16,25 et 18,78, ils sont supérieurs à 15%, donc nous marquons une hétérogénéité intra-spécifique.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre une différence hautement significative pour les espèces *E camadulensis* (Blida), *E rudis*, *E blackelyi* (F calculé est supérieure au F critique de Fisher), pour l'espèce *E bosistoana* l'analyse de la variance indique une différence significative et pour les espèces *E gomphocephala*, *E camadulensis* (Alger) et *E cladocalyx* la différence est non significative.

#### II.3.1.1.2. La largeur des feuilles (IF)

Les résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de la largeur des feuilles (IF) entre les cinq pieds de chaque espèce étudiée sont représentés dans la figure 08 et le tableau VII annexe VI

Le coefficient de variation (cv) pour les espèces *E camadulensis* (Blida), *E camadulensis* (Alger), *E rudis*, *E bosistoana* et *E gomphocephala* est varié entre 15,53% et 21,32%, ils sont supérieurs à 15%, donc nous marquons une hétérogénéité intra-spécifique, pour les espèces *E cladocalyx* et *E blackelyi* le coefficient de variation est de 14,10% et 13,91% respectivement, il est inférieur à 15%, donc pas d'hétérogénéité intra-spécifique.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre une différence hautement significative pour les espèces *E camadulensis* (Blida), *E camadulensis* (Alger), *E rudis*, *E cladocalyx* (F calculé est supérieure au F critique de Fisher) ; pour les espèces *E bosistoana* et *E blackelyi* l'analyse de la variance indique une différence significative et pour l'espèce *E gomphocephala* la différence est non significative.

### II.3.1.1.3. Le rapport longueur / largeur des feuilles (LF / IF)

Les résultats de l'analyse de la longueur / la largeur des feuilles entre les cinq pieds de chaque espèce étudiée sont représentés dans la figure 08 et le tableau VIII annexe VII:

Le coefficient de variation (cv) pour les espèces *E camadulensis* (Blida), *E camadulensis* (Alger), *E rudis*, *E gomphocephala* *E blackeleyi*, est varié entre 15,07% et 25,21%, ils sont supérieurs à 15%, donc nous marquons une hétérogénéité intra-spécifique, pour les espèces *E bosistoana* et *E cladocalyx* le coefficient de variation est de 13,75% et 14,16% respectivement, il est inférieur à 15%, donc pas d'hétérogénéité intra-spécifique.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre une différence hautement significative pour les espèces *E camadulensis* (Blida), *E camadulensis* (Alger), *E rudis*, *E blackeleyi* (F calculé est supérieur au F critique de Fisher), pour les espèces *E cladocalyx* et *E bosistoana* l'analyse de la variance indique une différence significative et pour l'espèce *E gomphocephala* la différence est non significative.

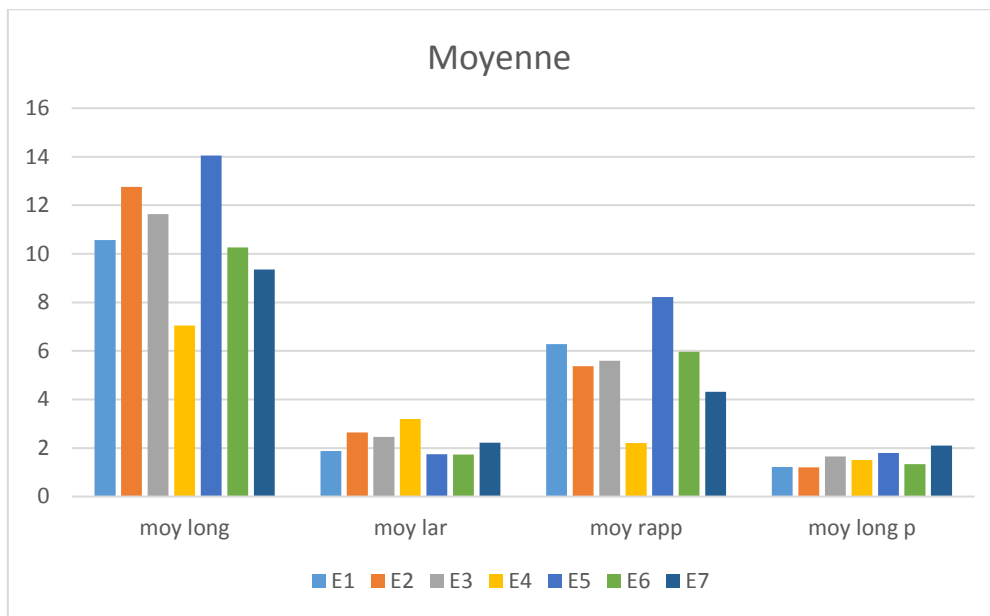
### II.3.1.1.4. La longueur des pétioles (LP)

Les résultats de l'analyse de l'étude de la longueur des pétioles (LP) entre les cinq pieds de chaque espèce étudiée sont représentés dans la figure 08 et le tableau IX annexe VII

Le coefficient de variation (cv) pour les espèces *E camadulensis* (Blida), *E camadulensis* (Alger), *E rudis*, *E bosistoana*, *E cladocalyx* et *E blackeleyi*, est varié entre 15,24% et 21,43%, ils sont supérieurs à 15%, donc nous marquons une hétérogénéité intra-spécifique. Pour l'espèce *E gomphocephala* le coefficient de variation est de 13,95%, il est inférieur à 15%, donc pas d'hétérogénéité intra-spécifique.

L'analyse de la variance (ANOVA) montre une différence hautement significative pour l'espèce *cladocalyx* (F calculé est supérieure au F critique de Fisher), pour l'espèce *E bosistoana* l'analyse de la variance indique une différence moyennement significative et pour les espèces *E gomphocephala*, *E camadulensis* (Blida), *E camadulensis* (Alger), *E rudis*, *E blackeleyi* la différence est non significative.

### II.3.1.2. Diversité inter-spécifique



**Figure09 : histogramme représenter les moyens résultats de l'analyse de l'étude morphométrique inter-spécifique**

E.1 : *camadulensis* Blida ; E.2 : *camadulensis* Alger, E.3 : *rudis*, E.4 : *bosistoana*, E.5 : *gomphcephala*,  
E.6 : *cladocalyx* E.7 : *blackelyi*.

#### II.3.1.2.1. La longueur des feuilles (LF)

Les résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de la longueur des feuilles (LF) sont représentés dans la figure 09 et le tableau X annexe VIII.

La moyenne de la longueur des feuilles varie entre  $7.04 \pm 1.14$  cm et  $14.05 \pm 2.34$  cm pour les différentes espèces. Le coefficient de variation (CV) de l'ensemble des espèces est de 17.26 %, il est supérieur à 15%, donc nous marquons une hétérogénéité inter-spécifique.

Par contre, la classification basée sur le test Newman et Keuls, a révélé la classification des différentes espèces en 6 groupes avec une variation hautement significative (**Tableau X annexe VIII**) :

Le premier groupe : représenté par *E. gomphocephala*

Le deuxième groupe : représenté par *E. camadulensis* (Alger)

Le troisième groupe : représenté par *E. rudis*

Le quatrième groupe représenté par *E. camadulensis* (Blida) et *E. cladocalyx*

Le cinquième groupe représenté par *E. blackeleyi*

Le sixième groupe représenté par *E. bosistoana*

L'analyse de la variance significative par le test ANOVA nous confirme l'hétérogénéité de la

longueur des feuilles des différentes espèces d'Eucalyptus. La variable de F de Fisher calculé est de 86,68 ; elle est nettement supérieure au F critique qui est 2,11.(tableau XIX / annexe V)

### II.3.2.2. La largeur des feuilles (IF)

Les résultats de l'analyse de l'étude de la largeur des feuilles (IF) sont représentés dans la figure 09 et le tableau XI annexe IX

La moyenne de la longueur des feuilles varie entre  $1.73 \pm 0.24$ cm et  $3.20 \pm 0.49$ cm pour les différentes variétés. Le coefficient de variation (CV) de l'ensemble des espèces est de 16,65 %, il est supérieur à 15% donc nous marquons une hétérogénéité inter- spécifique.

Par contre, la classification basée sur le test Newman et Keuls, a révélé la classification des différentes espèces en 5 groupes avec une variation hautement significative (**Tableau XI annexe IX**) :

Le premier groupe : représenté par *E .bosistoana*

Le deuxième groupe : *E .camadulensis* (Alger)

Le troisième groupe : représenté par *E. rudis*

Le quatrième groupe représenté par *E blackeleyi*

Le cinquième groupe représenté par *E. camadulensis* (Blida) et *E. gomphocephala* et *E. cladocalyx*

L'analyse de la variance significative par le test ANOVA nous confirme l'hétérogénéité de la longueur des feuilles des différentes espèces d'Eucalyptus. La variable de F de Fisher calculé est de 89,92 ; elle est nettement supérieure au F critique qui est 2,11.

### II.3.3.3. Le rapport longueur / largeur des feuilles (LF / IF)

Les résultats de l'analyse de la longueur / la largeur des feuilles sont représentés dans la figure 09 et le tableau XII annexe X.

La moyenne de la longueur des feuilles varie entre  $2.21 \pm 0.30$ cm et  $8.22 \pm 1.69$ cm pour les différentes variétés.

Mais la classification basée sur le test Newman et Keuls, a révélé la classification des différentes espèces en 5 groupes avec une variation hautement significative (**Tableau XII annexe X**) :

Le premier groupe : représenté par *E .gomphocephala*

Le deuxième groupe : représenté par *E. camadulensis* (Blida) et *E.rudis* et *E .cladocalyx*

Le troisième groupe : représenté par *E.camadulensis* (Alger) et *E. rudis*

Le quatrième groupe représenté par *E. blackeleyi*



Le cinquième groupe représenté par *E. bosistoana*

L'analyse de la variance significative par le test ANOVA nous confirme l'hétérogénéité de la longueur des feuilles des différentes espèces d'Eucalyptus. La variable de F de Fisher calculé est de 78,246 ; elle est nettement supérieure au F critique qui est 2,11.

#### **II.3.4.4. La longueur des pétioles (LP)**

Les résultats de l'analyse de l'étude de la longueur des pétioles (LP) sont représentés dans la figure 09 et le tableau XI II annexe XI.

La moyenne de la longueur des feuilles varie entre  $1.2 \pm 0.32$  cm et  $2.10 \pm 0.41$  cm pour les différentes variétés. Le coefficient de variation (CV) de l'ensemble des espèces est de 17,89 %, il est supérieur à 15% donc nous marquons une hétérogénéité inter- spécifique.

Par contre, la classification basée sur le test Newman et Keuls, a révélé la classification des différentes espèces en 6 groupes avec une variation hautement significative (**Tableau XI II annexe XI**) :

Le premier groupe : représenté par *E. blackeyleyi*

Le deuxième groupe : représenté par *E. gomphocephala*

Le troisième groupe : représenté par *E.rudis*

Le quatrième groupe représenté par *E .bosistoana*

Le cinquième groupe représenté par *E. cladocalyx*

Le sixième groupe représenté par *E. camadulensis* (Alger) et *E. camadulensis* (Blida)

L'analyse de la variance significative par le test ANOVA nous confirme l'hétérogénéité de la longueur des feuilles des différentes espèces d'Eucalyptus. La variable de F de Fisher calculé est de 120,09 ; elle est nettement supérieure au F critique qui est 2,11.

Afin de confirmer la contribution de ces paramètres dans la variabilité entre les six espèces d'eucalyptus, nous avons réalisé une analyse multivariable.

### **II.3.2. Analyse multivariable**

#### **II.3.2.1. Matrice de corrélation**

Les résultats de l'étude de la corrélation entre les différentes variables sont représentés dans le tableau XIV.

**Tableau XIV : Matrice de corrélation des différents paramètres étudiés**

	LF	IF	LF/IF	LP
LF	0,00	0,31	0,50	0,20
IF	0,30	0,00	0,50	0,19
LF/IF	0,39	0,00	0,00	0,61
LP	0,00	1,00	0,00	0,00

\*\*\* : Corrélation hautement significative . $P > 0,5$  \*\* : Corrélation moyennement significative . $P < 0,01$

\* : Corrélation significative.  $P < 0,05$  P : coefficient de corrélation

Selon la matrice de corrélation nous avons obtenu les coefficients de corrélation suivant :

Entre (LF) et (LF) 0.00, entre (LF) et (IF) 0.30, entre (LF) et (IF /LF) 0.31, entre (IF) et (LP) ils sont supérieure au R critique = 0,2 (DDL= 6,  $\alpha = 0,05$ ) selon la table de corrélation, ce qui confirme que ces variables sont fortement liées positivement.

### II.3.2.2. Analyse des composantes principales

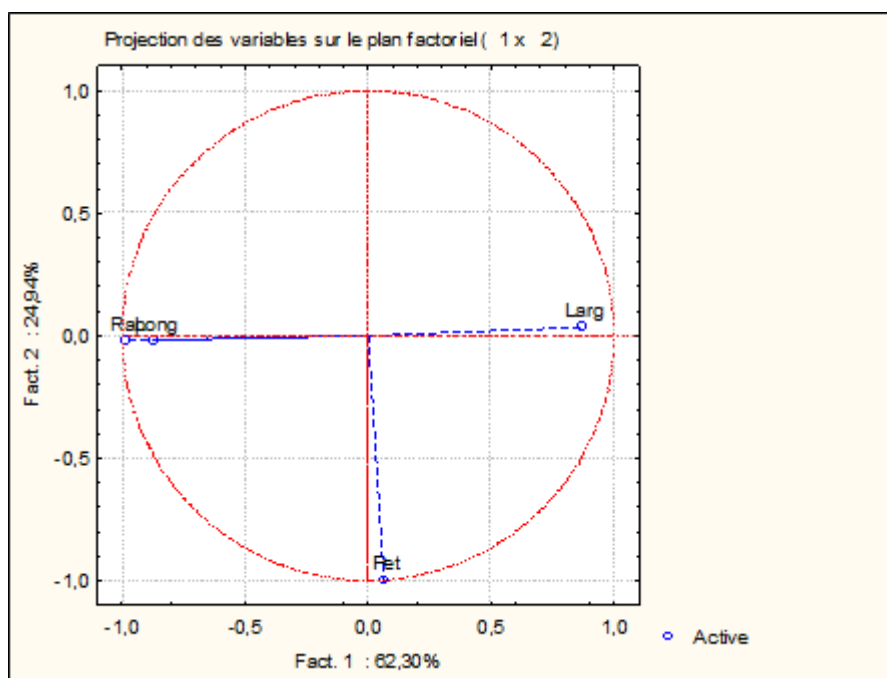
Le pourcentage de la variance totale expliqué par chaque axe est mentionné dans le **tableau XV**

**Tableau XV: L'inertie totale expliquée par les axes de l'ACP (pourcentage expliqué par les axes principaux) des valeurs propres.**

	Valeurs propres	% Total variance	Cumul Val. propre	Cumul%
<b>axe1</b>	2,49	62,30	2,49	62,30
<b>axe2</b>	1,00	24,94	3,49	87,24
<b>axe3</b>	0,46	11,52	3,95	98,76
<b>Axe 4</b>	0,05	1,24	4,00	100,00

D'après le pourcentage de la variance totale expliquée par chaque axe ; Nous constatons que le premier axe recèle 62,30% de la variance totale, les suivants décroissants régulièrement à partir de 24,94% (Axe 2) et 11,52%(Axe 3), d'après ces résultats nous remarquons que ces premiers axes représentent une bonne description de la dispersion des individus puisqu'ils expliquent presque la majorité de la variation totale ; donc il y a une séparation nette des premiers axes . Le cumul atteint jusqu'à 98,76% (axe 3), ce qui explique l'importance de la contribution de chaque variable.

L'étude de la contribution absolue (somme absolue) permet d'hierarchiser les caractères responsables de la formation de chaque axe (**Figure10**)



Larg : largeur des feuilles (lF) ; pet : longueur des pétioles(LP) ; rap : rapport longueur sur largeur (LF/lF) ; long : longueur des feuilles (LF).

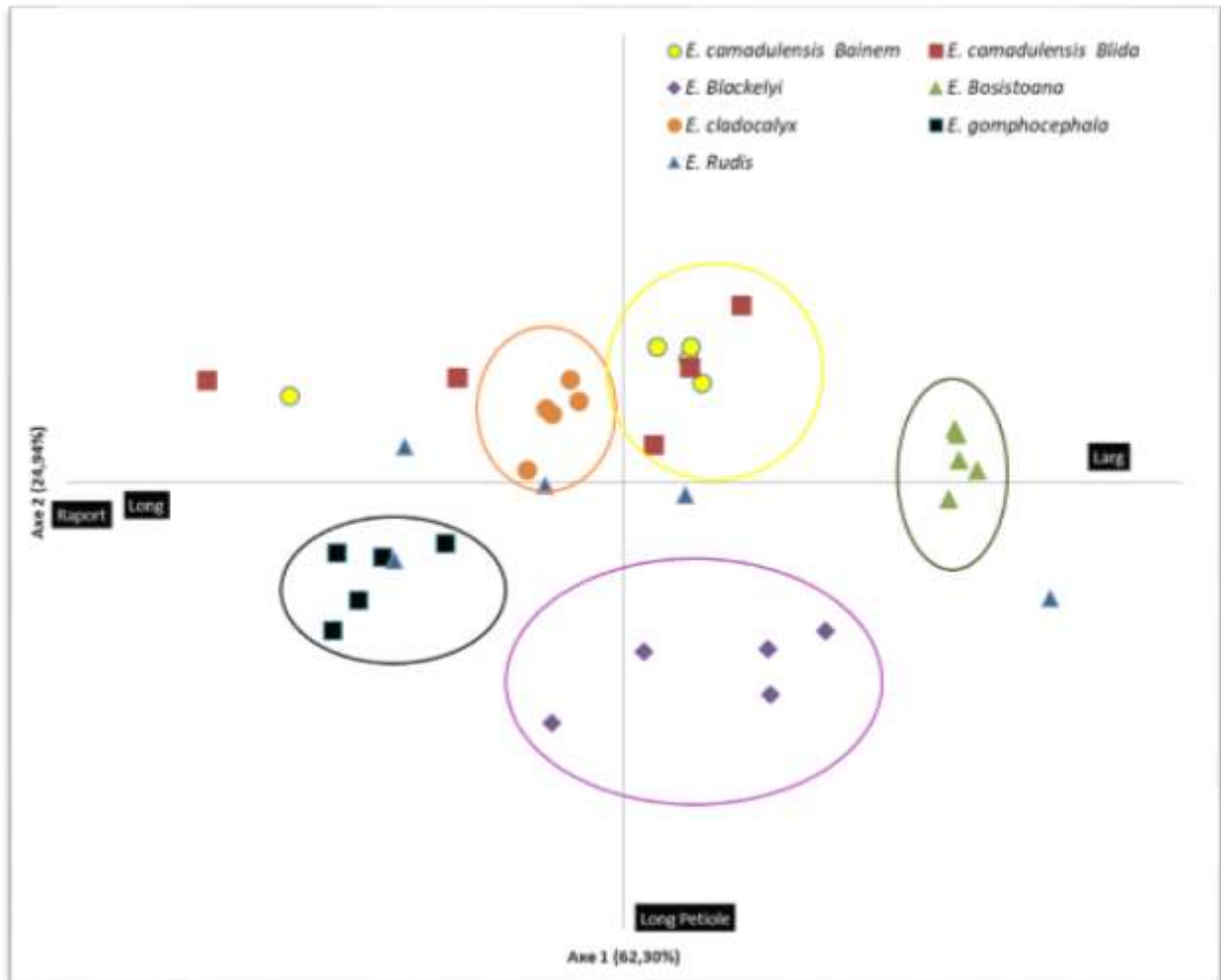
**Figure 10 : Diagramme d'ordination des variables dérivées de l'ACP dans le plan de projection des axes 1 et 2**

L'étude de la contribution absolue (somme absolue de la contribution de chaque variable) permet d'hierarchiser les caractères responsables de la formation de chaque axe (**Tableau XVI**) et (**Figure10**).

Pour l'axe 1 : Il est représenté par la largeur des feuilles (Larg), et la longueur des pétioles (Pet).

Pour l'axe 2 : Il est représenté par le rapport longueur sur largeur (Rap), et la longueur des feuilles (Long).

La variation morphologique des six espèces d'Eucalyptus étudiées a été estimée par analyse des composantes principales des caractères décrits ci-dessus. A partir des résultats obtenus nous avons tracé le diagramme d'ordination dérivé de l'ACP dans le plan de projection des axes (**Figure 11**)



**Figure 11: Diagramme d'ordination dérivé de l'ACP dans le plan de projection des axes 1-2**

Le nuage de points ACP a montré la divergence morphologique des espèces d'Eucalyptus (**Figure 11**). Sur le plan de projection d'axes (1) et (2), la distribution des espèces est plus claire :

-Le premier groupe qui représenté par l'ensemble des espèces *E. gomphocephala* et *E. cladocalyx*, situé sur l'axe2 correspond aux espèces avec une faible largeur des feuilles, longueur du pétiole, et un important rapport longueur sur largeur des feuilles, et longueur des feuilles.

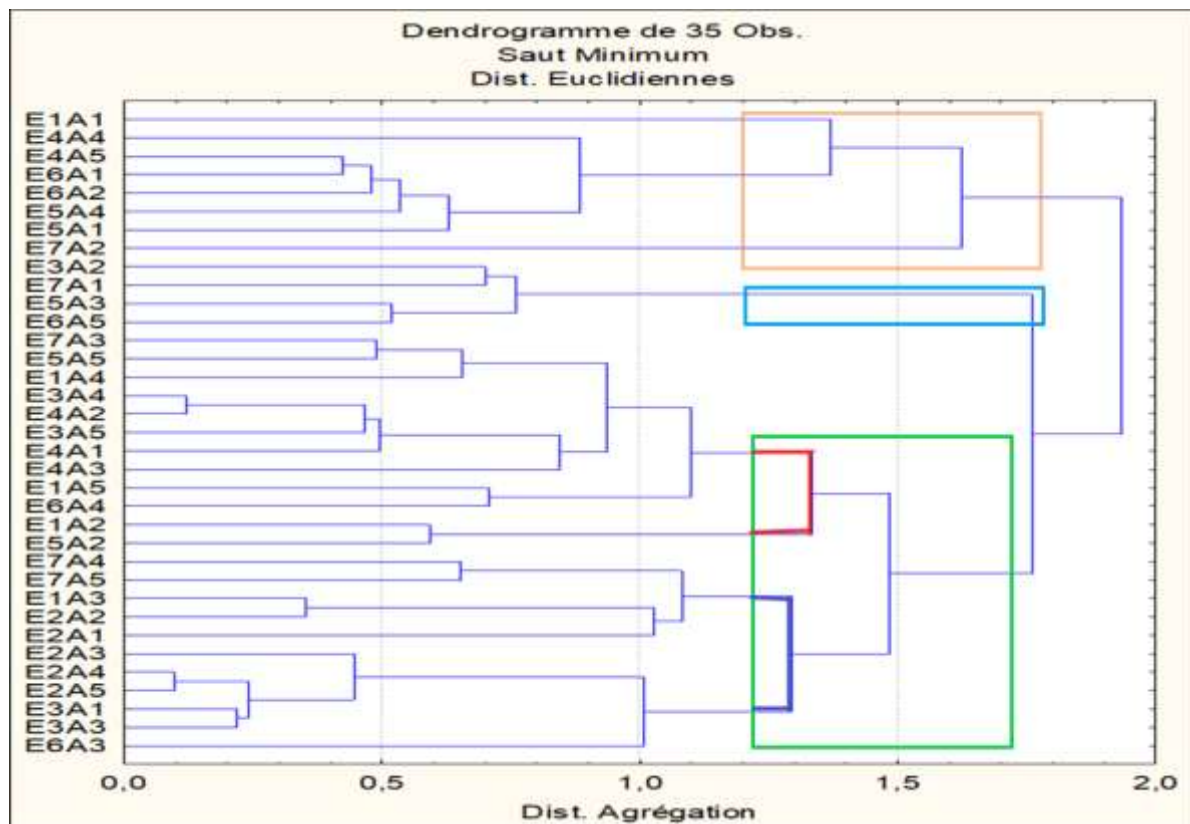
-le deuxième groupe formé par les espèces *E camadulensis* Alger et *camadulensis* Blida qui présente une largeur des feuilles et rapport longueur sur largeur des feuilles et longueur des feuilles important et longueur des feuilles faible.

-Le troisième groupe renferme l'espèce *E bosistoana* qui présente une largeur des feuilles, et longueur du pétiole important et rapport longueur sur largeur des feuilles, longueur des feuilles faible.

-Le quatrième groupe renferme l'espèce *E blackelyi* qui présente une longueur du pétiole important et rapport longueur sur largeur des feuilles, longueur et largeur des feuilles faible.

-Le cinquième groupe renferme l'espèce *E rudis*, nous constatons une dispersion des cinq pieds sur l'ensemble des axes. Cela peut être expliqué par le phénomène d'hybridation interspécifique (croisement entre espèces différentes).

Afin d'examiner la structure de la variation morphologique et d'estimer la distance entre les espèces d'Eucalyptus, un dendrogramme UPGMA (Unweighted Pair Group Method With Arithmetic Mean) a été établi avec un logiciel de Tree View.



**Figure 12 : Dendrogramme de la classification hiérarchique des sept e d'Eucalyptus selon les paramètres morpho métrique des feuilles.**

*E1 : E. camadulensis (Blida), E2 : E.camadulensis (Alger), E3 : E.rudis, E4 : E.bosistoana*

*E5 : E.gomphocephala, E6 : E.cladocalyx, E7 :E. blackelyi.*

A : arbre.

L'étude de la classification hiérarchique représentée par le dendrogramme (**Figure 12**), donne plus d'information sur les regroupements des espèces basés sur l'analyse morphométrique.

Nous avons obtenus trois groupes différents :

Le premier groupe renferme les espèces *E. camadulensis (Blida), E. bosistoana, E. cladocalyx, E. gomphocephala, E. blackelyi.*

Le deuxième groupe renferme les espèces *E. rudis, E .gomphocephala, E. blackelyi.*

Le troisième groupe est subdivisé en deux sous-groupes :

\*l'un renferme les espèces : *E camadulensis (Blida), E rudis, E bosistoana, E gomphocephala, E cladocalyx, E blackelyi.*

\*et l'autre les espèces : *E camadulensis (Blida), E camadulensis (Alger), E rudis, E cladocalyx, E blackelyi.*

Ces différents groupes expliquent la diversité intra et inter-spécifique.

### ❖ Discussion général

L'établissement du phénotype morphologique d'un végétal nécessite l'action conjuguée du génotype (l'expression des gènes propres à l'espèce) et de l'environnement (influence des facteurs biotiques et abiotiques du milieu tels que le climat et le sol).

A partir des résultats morphométriques obtenus, nous avons révélé une diversité entre les espèces d'Eucalyptus qui réside au niveau de la largeur et longueur des feuilles, la longueur des pétioles et le rapport de la longueur sur largeur des feuilles avec un coefficient de contribution élevé et une forte corrélation qui est confirmée par l'analyse des composantes principales.

Pour la nature du sol sur le développement des Eucalyptus nous avons trouvé les résultats sont en accord avec ceux obtenus par (**Ralph Jacob., 1979**), La majorité des eucalyptus étaient adaptés à ces sols avant que les défrichements en vue de l'agriculture ne commencent. L'évapotranspiration élevée dans les forêts d'Eucalyptus empêchait alors un lessivage rapide des sels du sol, dans lequel ils étaient présents mais en quantités non nocives. Le défrichement des

forêts a entraîné un mouvement des sels vers les zones basses des complexes de sols et une accumulation parfois nocive pour les cultures et la végétation naturelle. En revanche, cela a permis d'identifier des espèces d'eucalyptus tolérantes à la salure du sol, ce qui est d'un grand intérêt pour les reboisements dans certains pays. Par **(Ralph Jacob., 1979)**.

Pour l'effet du climat les résultats sont en accord avec ceux obtenue par **(Ralph Jacob., 1979)**. Les eucalyptus furent introduits en Algérie entre 1854 et 1860 ; plusieurs espèces ont donné d'excellents résultats dans les secteurs humides et subhumides et semi-arides du pays, principalement au-dessous de 800 m d'altitude, et dans des régions recevant plus de 400mm de précipitations annuelles.

Les caractères morphologiques des six espèces étudiés ont montré des différences fortement significatives vis-à-vis de l'ensemble des paramètres morphologiques mesurés. Ces différences en caractère morphologique pourraient être attribuées en grande partie aux facteurs génétiques.

Les résultats de l'analyse de la variance ont montré une différence très hautement significative entre les six espèces des deux régions, pour l'ensemble des caractères évalués ( $Pr < 0,0001$ ).

L'ACP, effectuée sur les caractères morphologiques, était utile pour identifier les traits les plus importants différentient les six espèces entre elles, il en ressort des résultats obtenus, que c'est les caractères, notamment la longueur et la largeur des feuilles et des pétioles qui contribuent le plus à la variabilité totale observés.

La classification ascendante hiérarchique (CAH) effectuée sur l'ensemble des paramètres morphologiques a permis le regroupement des espèces, selon les dimensions de leurs feuilles et a générés les mêmes groupes que ceux de l'ACP.

Dans les programmes de sélection des plantes, les caractères morphologiques sont les premiers à être observés. Ces caractères intéressent diverses parties de la plante : la longueur des tiges, les surfaces foliaires, l'initiation de la floraison et le fruit **(GOMEZ et al., 2004)**.

Les marqueurs morphologiques ont été retenus dans un premier temps parce qu'ils présentaient l'avantage d'être immédiatement disponibles et nécessitent seulement un équipement simple. Ils représentent des variations de type qualitatif (couleur..), morphologique (forme), des résistances à des maladies ou des ravageurs **(SAMOUELIAN et al., 2009)**.

L'étude des différents caractères quantitatifs se rapporte aux parties morphométriques : longueur et largeur des feuilles, longueur des pétioles, longueur des stipules et le fruit **(CRONK, 2010)**.

Ces critères sont utilisés pour décrire et identifier les lignées et les variétés chez certaines espèces :

**CHATTI et al, (2007)**, ont analysé les mêmes paramètres morphologiques et ont constaté une forte variation du figuier commun le *Ficus carica.L.* En Tunisie.

Selon **SADDOUD et al, (2011)** l'analyse des paramètres morphométriques tel que la longueur et la largeur des feuilles a révélé une diversité morphologique élevée ainsi que la présence de plusieurs variétés chez le *Ficus carica*.

Par ailleurs une étude de diversité morphologique basée sur les paramètres morphométriques à révéler la présence de plusieurs espèces chez l'olivier (**HAOUANE, 2012**).

Selon **KEBBOUR (2013)**, la diversité entre les différentes espèces du pistachier réside au niveau des paramètres morphométriques des feuilles (longueur et largeur).

Cependant, ces marqueurs sont peu polymorphes, ils ont fréquemment une base génétique complexe, ils sont limités en nombre et leur expression est souvent fortement influencée par l'environnement (**ANDERSSON et al., 2006**).



## Conclusion

L'Eucalyptus est une plante exotique originaire d'Australie qui s'est acclimatée au climat méditerranéen et devenue l'une de ces plantes caractéristiques ; elle est économiquement importante et est considérée comme une plante polyvalente qui reste très exploitée, elle est utilisée dans les pharmacopées traditionnelles, c'est une plante médicinale et aussi elle est très importante dans l'environnement. Ses longues racines jouent un rôle important dans la fixation des sols (retard à la désertification) et dans le drainage des terrains marécageux.

Les stratégies de recherches visant l'évaluation de la diversité génétique d'Eucalyptus, pour la conservation et la valorisation des ressources.

Une identification précise des espèces constitue l'étape majeure dans les programmes d'amélioration de cette espèce.

Lors de notre étude on s'est fixé l'objectif d'évaluer la variabilité existante entre les espaces étudiés en se basant sur la description morphologique des feuilles de l'arbre d'Eucalyptus par l'analyse univariable (biodiversité interspécifique et intraspécifique), et multivariable (Matrice de corrélation, Analyse des composantes principales).

Les espèces d'Eucalyptus étudiées provenant des deux régions (la Forêt de Bainem et Parc Nationale de Cherea) présentent des différences en situation géographique (altitude, longitude), et les mêmes conditions climatiques (étage bioclimatique humide à hiver doux).

L'analyse du sol complémentaire réalisé a montré que les deux zones d'étude présentent des textures et une composition chimique favorable au développement de la plante.

L'exploitation des résultats de l'analyse statistique des données morphologiques de cette étude ont montré des différences phénotypiques fortement significatives entre les espèces étudiées. Cette variation au niveau phénotypique est fort probablement due, en grande partie, à la variation des composés génétiques des différentes espèces.

L'analyse en composante principale (ACP), effectuée sur les caractères morphologiques, était utile pour identifier les traits les plus discriminants différenciant les six espèces. Il en ressort des résultats obtenus, que c'est les caractères, longueur et largeur des feuilles et du pétiole qui contribuent à la variabilité totale observée.

Ce résultat souligne l'importance qui peut apporter l'utilisation des descripteurs morphologiques pour faire un inventaire et l'identification primaire des espèces d'Eucalyptus.

## Conclusion

Cependant, il reste primordiale que les études de description morphologique soient réalisées dans des conditions d'échantillonnages et d'observation aussi uniforme que possible, pour permettre de faire la part entre les caractéristiques morphologiques stables de chaque espèce et celles qui peuvent varier en raison des changements des conditions climatiques et d'entretien.

Les différences de regroupements des espèces en fonction des paramètres morphologiques, trouvés dans la présente étude, démontre l'insuffisance des marqueurs morphologiques dans la discrimination et l'identification précise entre les espèces étudiées, néanmoins les résultats obtenus doivent être complétés par l'utilisation des marqueurs morphologiques plus détaillés, par l'augmentation du nombre d'espèces, l'élargissement de la zone d'étude et par l'utilisation des marqueurs biochimiques et moléculaires.

## Références bibliographique

- **Andersson MS., Schultz-Kraft R., Peters M., Hincapie B et Lascano CE., 2006.** Morphological, agronomic and forage quality diversity of the *flemingia macrophylla* word collection. *Field Crops Research* 96: 387-406.
- **Arbez M et Lacaze JF.1999.** Les ressources génétiques forestières en France Tome 2 : les feuillus, INRA Editions, p 408.
- **APG II, 2009.** An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141, pp : 399–436.
- **Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie, choix, expression, présentation, interprétation. I.N.R.A, Paris, p : 172.
- **Ben Rouina B., (2001).** La taille de l'olivier. Cours International « gestion technique des plantations d'olivier en conditions d'agriculture pluviale: Nouvel perspective ». Sfax, Tunisie. Du 22 janvier au 02 février 2001. PP: 2 – 19.
- **Beta T., Nam S., Dexter J.E. et Sapirstein H.D., 2005.** Phenolic content and antioxidant activity of pearled wheat and roller-milled fractions. *Cereal chem.*, 390-393 pp.
- **Botineau, M. 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Editions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, France.
- **Breton C., Tersac M ., and Berville A., 2006.** Genetic diversity and gene flow between the wild olive (oleastre, *Olea europaea* L.) and the olive : several plio-pleistocene refuge zones in the Mediterranean basin suggested by simple sequence repeat analysis. *J Biogeogr* 33(11) : 1916-1928.
- **Budak H., Pedraza F., Baenziger PS., Cregan PB et Dweikat I., 2003.** Development and utilization of SSR to estimate genetic diversity in a collection of pearl millet germplasm. *Crop Sci.* 43: 2284-2290.
- **Bank H.V.D., Bank M.V.D et Wyk B.E.V., 2001.** A review of the use of allozyme electrophoresis in plant systematics. *Biochem. Syst. Ecol.* 29: 469-483.
- **Beker. M., Picard. J.f., Timber. J., 1983.** Les arbres, Ed. Masson, Paris, 141p.
- **Brosse. J., 2000.** La rousse des arbres. Ed. La rousse. Paris : p591.

## Références bibliographique

- Burren. C., 1995.** Les Eucalyptus au Rwanda analyse de 6 ans d'expérience avec référence particulière à l'arboretum de RUH: 454 p.d'Eucalyptus poussant dans la région deTizOuzou,125
- **Chatti K, Saddoud O, Salhi-Hannachi A, Mars M, Marrakchi M, and TRIFI M. 2007.** Analysis of genetic diversity and relationships in a Tunisian fig (*Ficus carica*) germplasm collection by Random Amplified Microsatellite Polymorphisms. *Journal of Integrative Plant Biology* 49(3): 386–391.
- Casagrande A 1934,** Die oraemeter methodzûr bestimmung der koruverbeilung von boden. Berlin. 66p
- **Cronk QC., 2010.** Plant evolution and development in a post-genomic context. *Nat. Rev. Genet.* 2: 607-619.
- **Cui Z., Carter TE, Jr., Burton JW et Wells R., 2001.** Phenotypic Diversity of Mpdern Chinese and North American Soybean Cultivars. *Crop Sci* 41: 1954-1967.
- **Dagnelie P., 2006.** Statistique théorique et appliquée. 1. Statistiques descriptives et base de l'inférence statistique. 3<sup>ème</sup> édition. Edition De Boeck.
- **De Moraes P.L.R., Nehme C.J., Alves M.C., Teresa M., Derbyshire M.T et Cavaleiro A.J., 2007.** Chemical composition of flavonoids and styrylpyrones and the genetic variability of isozymes in natural populations of *Cryptocarya mandioccana* Meisner (Lauraceae). *Biochemical systematic and Ecology* 35: 233-244.
- Duchaufourd Ph.,1988.** Abrégés de pédologie, 2 ième édition, MASSON, Paris, Milan, Barcelone, Mexico, p : 224.
- **Eldridge K, Davidson J, Harwood C et van Wyk G .1993.** Eucalypt domestication and breeding, Oxford UniversityPress Inc., New York, p 288.
- **Fauri C., Ferra C.et MedoriP., 1980.** Ecologie .Ed. Baillère, Paris, p :168.ONM, 2016. Office National de la météorologie.
- FAO 2000** Global forest resource assessment, main report. Dans Forestrypaper, FAO.
- Foudil-Cherif. Y., 1991.** Etude comparative des huiles essentielles algériennes d'Eucalyptus globulus labill.net camadulensis, these magister. U.S.T.H.B., Alger, 159p.

## Références bibliographique

- **Giancola S., Mckhann H., Berard A., Camilleri C., Durand S., Libeau P., RouxF., Reboud X., Gut I.G et Brunel D., 2006.** Utilization of the three high-throughput SNP genotyping methods, the GOOD assay, Amplifluor and TaqMan, in diploid and polyploid plants. *Theor Appl Genet* 112: 1115-1124.
- **Goetz, P., & Ghedira, K. 2012.** Phytothérapie anti-infectieuse. Springer-Verlag, Paris, France.
- **Gomez OJ., Blair MW., Frankow-Lindberg BE et Gullberg U., 2004.** Molecular and Phenotypic Diversity of Common Bean Landraces from Nicaragua. *Crop Sci* 44: 1412-1418.
- Grieu (P.), Maury (P.) 2004.** Croissance et consommation d'eau de l'Eucalyptus.
- Haouane H., 2012.** Origines, domestication et diversification variétale chez L'olivier (*Olea europaea* L.) à l'ouest de la Méditerranée 135-87- P323
- **Harry M., 2001.** Génétique moléculaire et évolutive. Editions Maloine., Paris.p39.
- **Hazelton P., et Murphy B., 2007.** interpreting soil test result, university of technology sydney department of natural resources,p :160. <http://biodalgerie.populus.org/rub/7>.
- **Hill KD et Johnson LAS 1995.** Systematic studies in the eucalypts. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6, 185-504.
- Hurtel J.M (2001** Phytothérapie, plantes m édicinales, aromathérapie, huiles essentielles.
- **Idrissi A et Ouazzani N., 2003.** Apport des descripteurs morphologiques à l'inventaire et à l'identification des variétés d'olivier (*Olea europaea* L.). *Plant genetic resources newsletter* (136), pp : 1-10.
- **Johnson LAS 1976.** Problems of species and genera in *Eucalyptus* (Myrtaceae). *Plant Systematics and Evolution* 125, 155-167.
- Kebbour D. 2013.** Variabilités génétiques du pistachier vrai « *Pistacia vera* L.» en Algérie. Thèse de doctorat en amélioration des plantes, U.S.D.B.
- **Lis-Balchin, M. 2006.** Aromatherapy science: A guide for healthcare professionals. Pharmaceutical Press, Londres, Grande-Bretagne.
- Laciau. J. P., 2001.** Dynamique du fonctionnement Minérale d'une plantation d'eucalyptus, thèse. Doct. Inst. National d'agronomie Paris. P : 193.

## Références bibliographique

- Lanier. L., 1986.** Maladies de l'eucalyptus. Bult. OEPP/EPPOB 16, pp : 255-263.
- Loupe, D. (Ed.). 2008.** PROTA : Ressources végétales de l'Afrique tropicale. Backhuys Publishers, Wageningen, Pays-Bas.
- **Mathieu C., et Pielton F., 2003.** Analyse chimique des sols, librairie Lavoisier, p : 386.
- **Métro A 1955** Eucalypts for planting. FAO Forestry and Forest Products Studies II. Rome : FAO.
- **Metro A.1970** - Les eucalyptus dans le monde méditerranéen. Ed.masson et cie.Paris, p513.
- **Moran GF, Bell JC et Griffin AR .1989.** Reduction in levels in inbreeding in a seed orchard of *Eucalyptus regnans* F. Muell. compared with natural populations. *Silvae genetica* 38, 3236.
- Mariani E.O, Mariani C.E et Lipinsky S.B 1981** Tropical eucalyptus. P. 373-368. In McClure T.A et Lipinsky E.S (ed), CRC Handbook biosolar resources, vol. il. Resource materials. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL.
- Meddouar. S., Elderriji., 2012.** Bilan des feux de forêts en Algérie : Analyse spatio-temporelle et cartographe de risque (Periode 1985-2010), Article de recherche, rev, Sécheresse, Algérie, vol.23, pp : 133-141. Méditerranéenne. Bult. OEPP/EPPOB 16, pp :265-283.
- Mehani M 2006** Diagnostic sur les essais d'introduction de quelques essences.
- Métro. A., 1970.** Les Eucalyptus dans le monde méditerranéen, Ed. Masson, Paris, p :513.
- **Nait Achour K, 2012.** Etude de la composition chimique des essences de quatre espèces .
- Orwa. N. 2009.** *Eucalyptus camadulensis*, Agro forestry database p : 45.
- **Page RDM., 1998.** Treeview : an application to display phylogenetic trees on personal computer. *Computer applications in the biosciences*,12,Pp : 357- 358.
- **Penfold A. R, Willis J. L 1961.** The Eucalyptus. Botany, cultivation, chemistry and utilization. London Leonard Hill (Books) limited.
- **Pryor LD .1976 .**The biology of eucalypts, Arnold, London, p 82.
- **Pryor LD et Johnson LAS 1971** A classification of the Eucalypts, Australian National University, Canberra, Australia, p.

## Références bibliographique

- Quézel P et Santa S 1963** Nouvelle flore d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome 2, 637p.
- **Ralph Jacob., 1979.** Publie en 1954 sous le titre Les eucalyptus dans les reboisements (Etudes des forêts et des produits forestiers, N° 11) p :12-32-57-102-103-104.
- **Ramade F., 1984.** Elements d'écologie. Ecologie fondamentale, Mc Graw-Hill, p :397.
- **Ravel C., Praud S., Canaguier A., Dufour P., Giancola S., Balfourier F., Chalhoub B., Brunel D., Linossier L., Dardevet M., Beckert M., Rousset M., Murigneux A., Charmet G., 2004.** DNA sequence polymorphism and their application in bread wheat. In: Vollmann J, Grausgruber H, Ruckebauer P (eds) Genetic variation for plant breeding. Eucarpia: Tulln.
- **Russell J., Booth A., Fuller J., Harrower B., Hedley P., Machray G et Powell W. 2004.** A comparison of sequence-based polymorphism and haplotype content in transcribed and anonymous regions of the barley genome. Genome 47: 389-398.
- Rameau. J. C., Monsion. D, Dumé. O., Ganbberville. G., 1989.** Flore floristique française, Guide écologique illustré, Institut pour le développement forestier, Paris, 2408p.
- Russel. T., Culter. C., 2008.** L'Encyclopédie des arbres mondiaux, Ed, Hachette livre, Paris, p 255.
- Saddoud O, Baraket G., Chatti K., Salhi-Hannachi A., Mars M., Marrakchi M. and Trifi M., 2011.** Using morphological characters and simple sequence repeat (ssr) markers to characterize tunisian fig (*figus carica* l.) cultivars P404.-
- **Samoulian F., Gaudin V. et Boccara M., 2009.** Génétique moléculaire des plantes. Edition Quae. 208p.
- **Samoulian T., Vega J.M ., Han F ., Lamb J.C et Bricher J.A ., 2009:** Advances in plant chromosome identification and cytogenetic techniques. Current Opinion in Plant Biology. 8:148-154.
- **Serre J.L., 2006.** Génétique des populations. Edition Dunos, Paris.p56.
- Sarni-Manchado P. et Cheynier V., 2006.** Les polyphénols en agroalimentaire. Ed. Lavoisier (Tec et Doc), Paris, pp300-398.

## Références bibliographique

- **Tardieu F., katerji N., Bethenod O., 1990.** Relation entre l'état hydrique de sol et quelques indicateurs de l'état hydrique du maïs après floraison. *Agronomie*, 10, Pp: 617-626.
  - **Trainer J 2000** Extrait du Bulletin officiel n° 6 du 12 août 1999, France. 39-143.
  - **Zeraimi G., 1993.** L'absorption du phosphore de diverses sources par la culture du poivron (*Capsicum annum.L*) à différents stades de sa croissance. Thèse Ing I.N.E.S de Blida, p : 126.
- in situ et en serre. Rapport d'activité ENSAT, 2004. 5p.





# Annexe I

**Tableau II : Relevé des températures moyennes (Tmoy) mensuelles de l'année  
2016/2017 en C°**

Régions	Mois													Moy
	T C°	J	F	M	A	M	J	Jl	A	S	O	N	D	
ALGER	(Mn)	8.1	8.3	9.7	11.3	14	17.4	20.2	21	19.6	15.7	11.5	9	13.81
	(Mx)	14.9	15.9	17.3	19.7	22.5	25.6	28.5	29.5	27	23.2	18.8	15.6	21.54
	(Moy)	11.5	12.1	13.5	15.5	18.2	21.5	24.3	25.2	23.3	19.4	15.1	12.3	17.65
BLIDA	(Mn)	7	7.6	9.3	11.4	14.3	17.7	21.4	22.1	20	15.2	10.9	8.2	13.75
	(Mx)	14.2	15.5	17.3	19.9	23.3	26.8	30.9	31.7	28.2	23.3	18.5	15.3	22.07
	(Moy)	10.6	11.5	13.3	15.6	18.8	22.2	26.1	26.9	24.1	19.2	14.7	11.7	17.89

**Tableau III: Relevé pluviométrique(P) de l'année 2016/2017 en mm**

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juill	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	TOTAL
ALGER	91	79	72	53	43	16	3	5	37	78	109	121	707
BLIDA	116	85	92	64	58	26	2	4	34	66	114	130	791

## Annexe II

### Préparation de diphénylamine :

- ✓ Dissoudre dans un bécher 0,5g de diphénylamine dans 100ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré
- ✓ Verser cette solution avec précaution, dans un flacon de verre contenant d'eau distillée.
- ✓ Cette solution se conserve à froid.

### Préparation de sel de Mohr :

- ✓ Dissoudre 78,5g de sel de Mohr dans 480 ml d'eau distillée
- ✓ Ajouter 20 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré pur, puis compléter au volume de 1L.

### Préparation de l'acide chlorhydrique à deux fois normal (HCL à 2N) :

- ✓ On prend un volume V de HCL à 37% puis on ajuste jusqu'à 1L avec de l'eau distillé (H<sub>2</sub>O).

$$V \equiv \frac{100 * Mm * 2}{d * 37}$$

**Mm** : Masse molaire de HCL.

**D** : Densité de HCL.

## Annexe III

**Tableau XVI : Matériel de laboratoire et appareillage**

Appareillage	La verrerie	Réactifs et solvants
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balance de précision</li> <li>▪ Bain marie</li> <li>▪ Etuve</li> <li>▪ pH-mètre</li> <li>▪ Pipette de Robinson</li> <li>▪ Agitateur électrique</li> <li>▪ Mortier</li> <li>▪ Agitateur magnétique</li> <li>▪ Conducteur électrique</li> <li>▪ Calcimètre de Bernard</li> <li>▪ Tamis de 2mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Béchers : 100 ml, 250 ml, 500 ml</li> <li>▪ Erlen Meyer 100 ml, 250 ml</li> <li>▪ Ampoules à décanter</li> <li>▪ Pipettes graduées</li> <li>▪ Papier filtre</li> <li>▪ Fiole jaugées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Acide chlorhydrique (HCL)</li> <li>▪ N-butanol (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O)</li> <li>▪ Chlorure d'aluminium (AlCl<sub>3</sub>)</li> <li>▪ Ether</li> <li>▪ Méthanol (CH<sub>3</sub>OH)</li> <li>▪ Eau distillée (H<sub>2</sub>O)</li> <li>▪ Bocarbone de potassium, K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> à 8% (80g/100ml d'eau distillée)</li> <li>▪ acide sulfurique</li> <li>▪ Diphénylamine</li> <li>▪ Acide phosphorique concentré.</li> <li>▪ Sel de Mohr (0,2N)</li> <li>▪ CaCO<sub>3</sub> pur et sec(0,3g).</li> <li>▪ NaCl</li> <li>▪ Oxalate d'ammonium (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>H<sub>2</sub>O (PM=142,11) à 0,1 N (14,2g/l)</li> <li>▪ Permanganate de potassium KMnO<sub>4</sub> (PM=158,4) à 0,02 N(3,16g/l)</li> </ul>

## Annexe IV

**Tableaux XVII : Normes d'interprétation du pH eau.**

Classe de la réaction du sol	pH eau(2/5)
Hyper acide	Inférieur à 3,5
Très acide	3,5 – 5,0
Acide	5,0 – 6,5
Neutre	6,5 – 7,5
Basique	7,5 – 8,7
Très basique	Supérieur à 8,7

(Baize, 1988)

**Tableau XVIII: Normes d'interprétations de la salinité totale (CE)**

Classe de la salinité de la conductivité électrique de l'extrait aqueux(1/5) à 25°C	CE (1/5)(dS/m <sup>-1</sup> )
Non salé	Inférieur à 0,5
Légèrement salé	0,6 – 1,0
Salé	1,0 – 2,0
Très salé	2,0 -4,0
Extrêmement salé	Supérieur à 4

(Mathieu et Pieltain ,2003)

**Tableau XIX : Les normes d'interprétation du calcaire total**

Appréciation du sol en fonction CaCO <sub>3</sub> total	% de calcaire total
Non calcaire	Inférieur à 01
Peu calcaire	01 - 05
Modérément calcaire	5 – 25
Fortement calcaire	25 – 50
Très fortement calcaire	50 – 80
Excessivement calcaire	Supérieure à 80

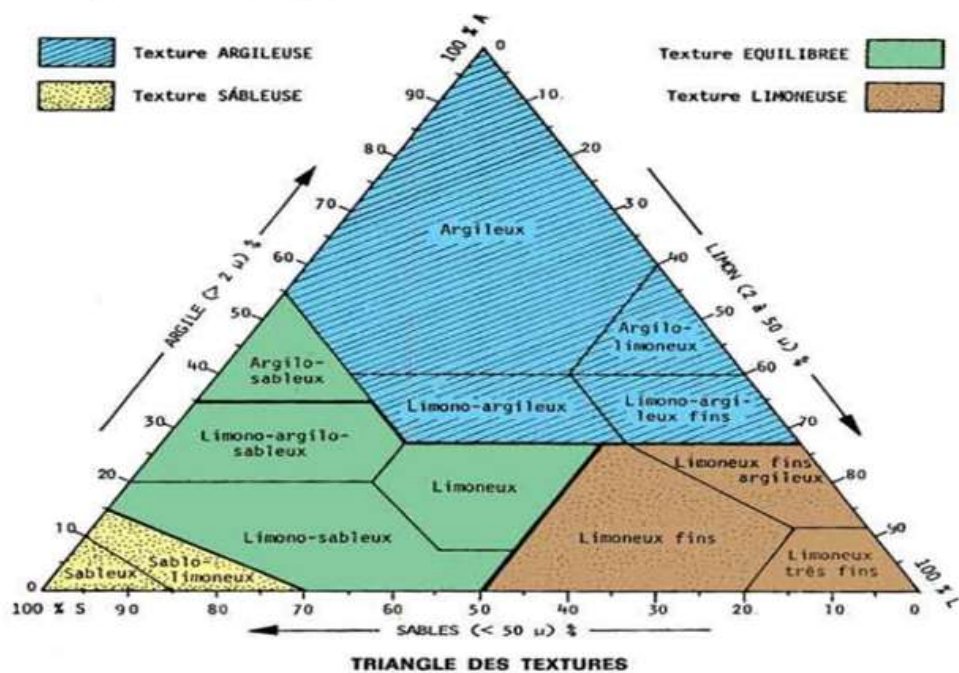
(Baize, 1988)

**Tableau XX : Relation matière organique et les propriétés physiques du sol**

%Matière organique	physiques du sol
0-2%	Sol pas ou peu organique
2-4%	Sol normal
4-10%	Sol humifère
10-20%	Sol humo-texture
>20%	Sol dira que c'est un HUMUS

## Annexe V

**Triangle des textures**



**Figure 15 : Triangle de demelon**

**Tableau XIX : la valeur de DDL et l'erreur pour test ANOVA inter-spécifique**

	DDL	SCE	CM	F	P
Esp	6	2926,67	487,78	86,68	0,00
Erreur	657	3697,08	5,63		
Total	663	6623,75			

## Annexe VI

**Tableau VI : résultats d'analyse de l'étude morphométrique de la longueur des feuilles (LF)**

Espèce	Moyenne ±Ecart type	CV%	Facteur F	P
<i>E. camadulensis</i> (Blida)	10.56±1.86	17,96	17,19	0,00
<i>E. camadulensis</i> (Alger)	12.76±2.39	18,78	1,89	0,12
<i>E. rudis</i>	11.64±2	17,17	8,82	0,00
<i>E. bosistoana</i>	7.04±1.14	16,25	2,94	0,02
<i>E. gomphocephala</i>	14.05±2.34	16,42	0,42	0,79
<i>E. cladocalyx</i>	10.26±1.69	16,45	1,40	0,24
<i>E. blackeleyi</i>	9.35±1.63	17,56	16,76	0,00

Cv : coefficient de variation, F critique de Fisher: 2,45,  $P \geq 0,05$  non significatif,

$P < 0,05$  significatif,  $P < 0,01$  moyennement significatif,  $P < 0,001$  hautement significatif.

**Tableau VII : résultats de l'analyse de l'étude morphométrique de la largeur des feuilles (IF)**

Espèce	Moyenne ±Ecart type	CV%	Facteur F	P
<i>E. camadulensis</i> (Blida)	1.88±0.40	21,32	9,83	0,00
<i>E. camadulensis</i> (Alger)	2.64±0.42	15,73	46,08	0,00
<i>E. rudis</i>	2.45±0.48	19,23	6,67	0,00
<i>E. bosistoana</i>	3.20±0.49	15,53	3,08	0,02
<i>E. gomphocephala</i>	1.74±0.29	16,73	0,27	0,90
<i>E. cladocalyx</i>	1.73±0.24	14,10	4,58	0,00
<i>E. blackeleyi</i>	2.22±0.30	13,91	2,50	0,05

Cv : coefficient de variation, F critique de Fisher : 2,45,  $P \geq 0,05$  non significatif,  $P < 0,05$

significatif,  $P < 0,01$  moyenne significatif,  $P < 0,001$  hautement significatif.

## Annexe VII

**Tableau VIII : Résultats de l'analyse du rapport longueur/largeur des feuilles (Lf/lF)**

Espèce	Moyenne ±Ecart type	CV%	Facteur F	P
<i>E. camadulensis</i> (Blida)	6.28±1.59	23,75	40,54	0,00
<i>E. camadulensis</i>	5.37±0.87	15,07	102,16	0,00
<i>E .rudis</i>	5.60±1.50	25,21	16,41	0,00
<i>E. bosistoana</i>	2.21±0.30	13,75	2,55	0,04
<i>E .gomphocephala</i>	8.22±1.69	20,66	0,26	0,90
<i>E .cladocalyx</i>	5.97±0.85	14,16	2,64	0,04
<i>E .blackeleyi</i>	4.32±0.77	18,12	32,98	0,00

Cv : coefficient de variation, F critique est : 2,45, P≥0,05 non significatif, P<0,05 significatif, P<0,01 moyenne significatif, P<0,001 hautement significatif.

**Tableau IX : Résultats de l'analyse de l'étude de la longueur des pétioles (LP)**

Espèce	Moyenne ±Ecart type	CV%	Facteur F	P
<i>E. camadulensis</i> (Blida)	1.22±0.26	21,43	5,23	0,42
<i>E. camadulensis</i> (Alger)	1.2±0.32	19,53	0,98	0,42
<i>E. rudis</i>	1.65±0.28	17,02	2,09	0,09
<i>E. bosistoana</i>	1.51±0.27	18,38	3,72	0,01
<i>E .gomphocephala</i>	1.8±0.25	13,95	0,31	0,87
<i>E. cladocalyx</i>	1.33±0.2	15,24	4,69	0,00
<i>E. blackeleyi</i>	2.10±0.41	19,67	2,04	0,09

Cv : coefficient de variation, F critique de Fisher : 2,45, P≥0,05 non significatif, P<0,05 significatif, P<0,01 moyenne significatif, P<0,001 hautement significatif.



## Annexe VIII

**Tableau X : Résultats des analyses morphologiques de la longueur des feuilles (LF) des six espèces d'Eucalyptus**

Espèces	Moyenne $\pm$ Ecart type	Classification des groupes homogènes
<i>E. camadulensis</i> (Blida)	10.56 $\pm$ 1.86	D
<i>E. camadulensis</i> (Alger)	12.76 $\pm$ 2.39	B
<i>E.rudis</i>	11.64 $\pm$ 2	C
<i>E. bosistoana</i>	7.04 $\pm$ 1.14	F
<i>E. gomphocephala</i>	14.05 $\pm$ 2.34	A
<i>E. cladocalyx</i>	10.26 $\pm$ 1.69	D
<i>E .blackeleyi</i>	9.35 $\pm$ 1.63	E
<b>F calculé</b>	<b>86,68&gt;2,11</b>	
<b>CV (Global) %</b>	<b>17,26%</b>	

## Annexe IX

**Tableau XI : Résultats de l'analyse morphométrique de la largeur des feuilles (IF) des six espèces d'Eucalyptus**

Variétés	Moyenne $\pm$ Ecart type	Classification des groupes homogènes
<i>E. camadulensis</i> (Blida)	1.88 $\pm$ 0.40	E
<i>E. camadulensis</i> (Alger)	2.64 $\pm$ 0.42	B
<i>E .rudis</i>	2.45 $\pm$ 0.48	C
<i>E .bosistoana</i>	3.20 $\pm$ 0.49	A
<i>E .gomphocephala</i>	1.74 $\pm$ 0.29	E
<i>E. cladocalyx</i>	1.73 $\pm$ 0.24	E
<i>E. blackeleyi</i>	2.22 $\pm$ 0.30	D
<b>F calculé</b>	<b>89,92&gt;2,11</b>	
<b>CV (Global) %</b>	<b>16,65%</b>	

## Annexe X

**Tableau XII : Résultats des analyses morphométriques de la longueur / la largeur des feuilles (LF/ lf) des six espèces d'Eucalyptus**

Variétés	Moyenne $\pm$ Ecart type	Classification des groupes homogènes
<b>E.camadulensis (Blida)</b>	<b>6.28<math>\pm</math>1.59</b>	B
<i>E .camadulensis</i> (Alger)	<b>5.37<math>\pm</math>0.87</b>	C
<b>E. rudis</b>	<b>5.60<math>\pm</math>1.50</b>	BC
<b>E.bosistoana</b>	<b>2.21<math>\pm</math>0.30</b>	E
<b>E. gomphocephala</b>	<b>8.22<math>\pm</math>1.69</b>	A
<b>E. cladocalyx</b>	<b>5.97<math>\pm</math>0.85</b>	B
<b>E. blackeleyi</b>	<b>4.32<math>\pm</math>0.77</b>	D
<b>F calculé</b>	<b>78,246 &gt; 2,11</b>	

## Annexe XI

**Tableau XI II : Résultats des analyses morphométriques de la longueur des pétioles (LP)  
des six espèces d'Eucalyptus**

Variétés	Moyenne $\pm$ Ecart type	Classification des groupes homogènes
<i>E.camadulensis</i> (Blida)	1.22 $\pm$ 0.26	F
<i>E.camadulensis</i> (Alger)	1.2 $\pm$ 0.32	F
<i>E.rudis</i>	1.65 $\pm$ 0.28	C
<i>E.bosistoana</i>	1.51 $\pm$ 0.27	D
<i>E.gomphocephala</i>	1.8 $\pm$ 0.25	B
<i>E.cladocalyx</i>	1.33 $\pm$ 0.2	E
<i>E.blackleyi</i>	2.10 $\pm$ 0.41	A
<b>F calculé</b>	<b>120.09 &gt; 2,11</b>	
<b>CV (Global) %</b>	<b>17.89%</b>	